



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

**SLEDOVÁNÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK VE ZDROJI
ÚPRAVNY VODY HRDIBOŘICE A MOŽNOST JEJICH
ODSTRANĚNÍ**

MONITORING OF PESTICIDES IN SOURCE OF WATER TREATMENT HRDIBOŘICE AND
POSSIBILITY OF THEIR REMOVAL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

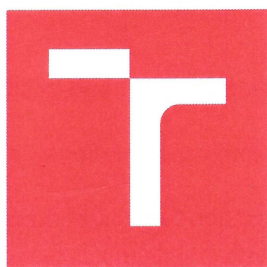
Bc. Zuzana Bouchalová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RENATA BIELA, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

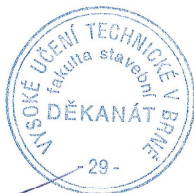
STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
PRACOVISŤE	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Zuzana Bouchalová
NÁZEV	Sledování pesticidních látek ve zdroji úpravny vody Hrdibořice a možnost jejich odstranění
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	Ing. Renata Biela, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016


.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] CRITTENDEN, John, et al. Water Treatment: Principles and Design. 2nd Edition. John Wiley and Sons, 2005. 1948 p. ISBN 0-471-11018-3.
- [2] GRAY, N. F. Drinking Water Quality. Problems and Solutions. 2nd Edition. Cambridge University Press, 2008. 520 p. ISBN 978-0-521-70253-9.
- [3] GRAY, N. F. Water Technology. An Introduction for Environmental Scientists and Engineers. Third Edition. Elsevier, 2010. 747 p. ISBN 978-1-85617-705-4.
- [4] PITTER, Pavel. Hydrochemie. 4. vydání. Praha: VŠCHT Praha, 2009. 568 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [5] HLAVÍNEK, P.; ŘÍHA, J. Jakost vody v povodí. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2004. 209 s. ISBN 80-214-2815-5.
- [6] Odborné články ze sborníků konferencí a seminářů.
- [7] Podklady od provozovatele úpravy vody Hrdibořice.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

V první části diplomové práce bude popsán stav na úpravě vody Hrdibořice – zdroj vody, specifikace pesticidních látek ve vodě, popis stávající technologie úpravy vody atd. V druhé části diplomové práce bude navrženo odstranění pesticidních látek pomocí konkrétního vodárenského procesu a účinnost odstranění ověřena laboratorním pokusem s využitím zdrojové vody.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Renata Biela, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá možnými způsoby jak snížit, případně úplně odstranit pesticidní látky z pitné vody, která je produkována na úpravně vody Hrdibořice.

Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou.

V teoretické části je uvedeno, jaké druhy pesticidů se ve vodách vyskytují, jakými způsoby jsou snižovány, případně odstraňovány. Dále je v této části popsána stávající technologie úpravy vody na ÚV Hrdibořice včetně zdrojů vody.

V praktické části byly prováděny poloprovozní zkoušky na dvou typech modelů filtrů s filtrační náplní z granulovaného aktivního uhlí (dále jen GAU).

Na základě informací získaných z odborné literatury a poznatků z poloprovozních zkoušek byly provedeny návrhy technologického zařízení na odstranění pesticidů z pitné vody na ÚV Hrdibořice.

Dále byl proveden odhad investičních nákladů pro navržená variantní řešení včetně provozních nákladů.

KLÍČOVÁ SLOVA

úpravna vody, pesticidní látky, filtrace, odstranění pesticidů, modely filtrů, poloprovozní zkouška, filtrace, granulované aktivní uhlí

ABSTRACT

The thesis discusses possible ways to reduce or completely eliminate pesticide compounds from drinking water that are produced at a water treatment plant Hrdibořice.

The work is divided into theoretical and practical parts.

The theoretical part lists kinds of pesticides that occur in water, how they are reduced or eliminated. Furthermore, this section describes the existing water treatment technologies at the Central Committee Hrdibořice, including water sources.

In the practical part, pilot tests on two types of filters models with filtering bed of granular activated carbon (hereinafter GAU) were carried out.

On the basis of information obtained from the literature and on findings from the pilot tests, designs of technological equipment for pesticide removal from drinking water at water treatment Hrdiborice were carried out.

Next, cost estimates for the proposed variant solutions including operating costs were suggested.

KEYWORDS

treatment plant, pesticides, filtration, removing pesticides, filter models, pilot tests, granular activated carbon

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Zuzana Bouchalová *Sledování pesticidních látek ve zdroji úpravny vody Hrdibořice a možnost jejich odstranění*. Brno, 2016. 78 s., 11 příl., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 01. 2017

Bc. Zuzana Bouchalová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Renatě Biele, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při vypracování této diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat společnosti VODIS Olomouc s.r.o. za možnost podílet se na poloprovozních zkouškách modelů filtrů s granulovaným uhlím a za možnost provádět na modelech filtrů pokusy na odstranění pesticidů z vody produkované na ÚV Hrdibořice.

Dále bych chtěla poděkovat provozovateli ÚV Hrdibořice, společnosti Moravská vodárenská a.s. (MOVO a.s.) za poskytnutí provozních údajů ÚV.

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	ROZDĚLENÍ PESTICIDŮ	2
2.1	Insekticidy.....	2
2.1.1	Chlorované organické sloučeniny	2
2.1.2	Organické sloučeniny fosforu	2
2.2	Fungicidy	2
2.3	Herbicidy	3
2.4	Rostlinné regulátory	3
3	LIMITY PESTICIDŮ A JEJICH METABOLITŮ V PITNÉ VODĚ	4
3.1	Relevantní a nerelevantní metabolity	4
4	PRÁVNÍ PŘEDPISY O POUŽÍVÁNÍ PESTICIDŮ V ČR.....	6
5	MOŽNOSTI ODSTRANĚNÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK Z VODY	8
5.1	Membránové procesy.....	8
5.2	Aktivní uhlí.....	9
5.3	Oxidace ozónem	10
5.4	Kombinace ozonizace a filtrace přes GAU	11
5.5	oxidace směsi ozonu a peroxidu vodíku (AOP)	11
6	ÚPRAVNA VODY HRDIBOŘICE.....	12
6.1	Zdroj vody	14
6.2	Kvalita surové vody	14
6.2.1	Výskyt pesticidních látek ve zdroji vody	15
6.3	Technologie úpravy vody.....	23
6.4	Stavající provoz ÚV Hrdibořice	23
7	POLOPROVOZNÍ ZKOUŠKY NA ODSTRANĚNÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK NA ÚV HRDIBOŘICE	26
7.1	Poloprovozní zkoušky na modelu filtru typu I.....	26
7.1.1	Filtrační náplně	29
7.1.2	Návrh průtoků pro model filtru typu I	30
7.1.3	Měření pesticidních látek.....	32

7.2	Poloprovozní zkoušky na modelu filtru typu II.....	37
7.2.1	Filtrační náplně	39
7.2.2	Návrh průtoků pro model filtru typu II	40
7.2.3	Měření pesticidních látek a poklesu tlaku ve filtrační náplni.....	40
8	NÁVRH NA ODSTRANĚNÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK NA ÚV HRDIBOŘICE... 47	
8.1	Varianta A	47
8.2	Varianta B	53
8.3	Varianta c	58
9	INVESTIČNÍ A PROVOZNÍ NÁKLADY	66
9.1	Varianta A	66
9.2	Varianty B	67
9.3	Varianty C	67
10	ZÁVĚR	69
11	POUŽITÁ LITERATURA.....	70
	SEZNAM TABULEK	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	74
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	76
	SEZNAM PŘÍLOH	77
	SUMMARY	78

1 ÚVOD

Pesticidy jsou biocidní prostředky používané nejvíce v zemědělství pro ochranu rostlin před škodlivými organismy, k regulaci životních procesů, k omezování růstu nežádoucích rostlin nebo jejich částí, k regulaci růstu rostlin mimo zemědělskou půdu nebo i k jiným účelům jako je například ochrana bytů domů, výrobních závodů. V dnešní době je také známo více než šest insekticidních a bakteriálních larvicidních pesticidů, které jsou využívány na ochranu lidského zdraví. Tyto pesticidy jsou nasazovány za účelem eliminace hmyzích přenašečů nemocí. [20]

Vlivem změny prostředí dochází k oslabování odolnosti rostlin, ztrátě imunity systému vegetace a rostliny jsou více náchylné vůči škůdcům a chorobám. S tím ovšem souvisí použití stále více pesticidních látek, bez nichž by byly výnosy plodin nižší, horší kvality a dražší.

Pesticidy našly uplatnění i ve vodním prostředí k likvidaci vodních rostlin, redukci zooplanktonu, antiparazitárnímu ošetření.

Pesticidy jsou látky, pro lidské zdraví nežádoucí, proto výskyt ve vodních zdrojích je problémem který se musí řešit.

Je velmi obtížné získat informace o tom, které přípravky na ochranu rostlin včetně pesticidů byly aplikovány zejména v ochranných pásmech vodních zdrojů a přilehlých oblastech. Informace o spotřebě těchto látek mají provozovatelé podniků vodovodů a kanalizací s jedno až dvouletým zpožděním jako celkové množství účinných látek spotřebovaných v ČR. [1]

Dynamika a intenzita vyplavování pesticidů souvisí s řadou fyzikálních a chemických vlastností půdy. Přibližně 65% aplikované látky zasáhne listovou plochu, asi 25% přípravku vstupuje do půdy. Zbýlých 10% je rozloženo světlem před vstupem do půdy nebo uvolněno do atmosféry.

Pesticidy, vstupující do půdy mohou být ve značné míře vyplavovány do podzemních a povrchových vod v závislosti na jejich dávce a na načasování jejich aplikací, způsobem obhospodařování půdy (tradiční x bezorebné hospodaření).

Kontaminace vod pesticidy je způsobena plošnými a bodovými zdroji. V případě difuzních zdrojů probíhá kontaminace přímo při aplikaci přípravku na pole a nepřímo atmosférickou a větrnou depozicí. Jako bodové znečištění působí zejména úniky z bezpečnostních přepadů odpadních objektů zemědělských provozů, čištění a výplachy zásobních cisteren, obecně nesprávná manipulace s pesticidními látkami. [2]

Má práce je zaměřená na ÚV Hrdibořice a její zdroje surové vody, ve kterých se vyskytují pesticidy.

Cílem mé práce bylo nalézt vhodné technicko-ekonomické řešení na snížení, případně úplné odstranění pesticidů a jejich metabolitů z pitné vody, které by bylo možno zrealizovat na ÚV Hrdibořice.

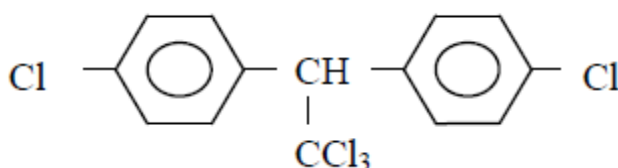
2 ROZDĚLENÍ PESTICIDŮ

Pesticidy se zejména dělí podle cílových škodlivých činitelů na insekticidy, fungicidy, herbicidy, rostlinné regulátory, příbuzné produkty (např. regulátory růstu) a jejich metabolity, rozkladné nebo reakční produkty.

Podle chemické struktury lze pesticidy dělit na organochlorové pesticidy, organofosforečné pesticidy a další.

2.1 INSEKTICIDY

Insekticidy jsou pesticidy používané na hubení hmyzu. K nejčastěji používaným insekticidům patří dvě skupiny pesticidů a to chlorované organické sloučeniny a organické sloučeniny fosforu.



Obr. 2.1 Chemický vzorec DDT

2.1.1 Chlorované organické sloučeniny

Mezi klasické zástupce chlorovaných organických sloučenin patří deriváty DDT (dichlordifenyltrichloren) a lindanu (pomalá degradace v půdě), sloučeniny na bázi hexachlorcyklopentadienu (aldrin - proti klíšťatům, molům a termitům, dieldrin).

Aplikace DDT (dříve používaný k likvidaci komárů a jiného létajícího hmyzu) je v dnešní době ve většině zemí zakázána, ale bohužel v životním prostředí stále přetrvávají, protože jsou chemicky i biochemicky stabilní. Organochlorové pesticidy jsou nervovými jedy. Může dojít také k poškození jater. Z organismu se vylučují pouze pozvolna.

2.1.2 Organické sloučeniny fosforu

K další skupině insekticidů patří organické sloučeniny fosforu. Tyto insekticidy blokují enzymy esteráz a způsobují akutní otravy. Otravy jsou zpravidla velmi nebezpečné, mají rychlý průběh a zpravidla končí smrtí. Způsobují ochrnutí dýchacích svalů, jejich centra, nadmutí plic a selhání srdce.

2.2 FUNGICIDY

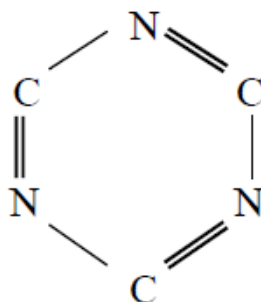
Fungicidy jsou přípravky na ničení hub. Mezi fungicidy patří některé anorganické látky na bázi mědi (např. skalice modrá – moření semen). Z organických látek jsou to například sloučeniny vázané s organickou rtutí (moření obilí), působící na centrální nervovou soustavu. Hromadí se v játrech, krvinkách a ve vlasech. Z organismu se vylučují pozvolna.

Dále se používají fungicidy vázané organickou či anorganickou sírou. Některé vyvolávají mutagenitu, některé způsobují neplodnost, některé silně poškozují vnitřní orgány a patří ke karcinogenům.

Mezi fungicidy patří také látky typu antibiotik, které snadno vstupují do potravního řetězce a mohou způsobit návykovost.

2.3 HERBICIDY

Herbicidy jsou prostředky na hubení plevelů. Doposud je známo asi 10 různých látek. Po jejich aplikaci často dochází pouze k poškození plevelovin a snadnějšímu proniknutí do potravního řetězce. Fungicidy mohou způsobit dlouhodobé alergie, kožní vyrážky a podráždění očních spojivek.



Obr. 2.2 Chemický vzorec triazinu

2.4 ROSTLINNÉ REGULÁTORY

Rostlinné regulátory jsou prostředky stimulující (podporují) nebo inhibující (zpomalují) růst; např. defolianty působící opadávání listů.

Mezi další pesticidy patří například akaricidy, moluskocidy, rodenticidy, nematocidy, algicidy, slimicidy...

[3]

3 LIMITY PESTICIDŮ A JEJICH METABOLITŮ V PITNÉ VODĚ

Vyhláška č. 252/2004 Sb. stanovuje nejvyšší mezní hodnoty (NMH) pro jednotlivé pesticidní látky a pesticidní látky celkem. Tyto jsou zobrazeny v tabulce níže.

Podle vyhlášky se pesticidem rozumí organické insekticidy, herbicidy, fungicidy, nematocidy, akaricidy, algicidy, rodenticidy, slimicidy, příbuzné produkty (např. regulátory růstu) a jejich relevantní metabolity, rozkladné nebo reakční produkty.

Stanovují se pouze pesticidy s pravděpodobným výskytem v daném zdroji, nestanovení pesticidních látek se zdůvodní. Limitní hodnota pesticidních látek platí pro každý jednotlivý pesticid s výjimkou aldrinu, dieldrinu, heptachloru a heptachlorepoxydu, kde platí limitní hodnota $0,03 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Limitní hodnota pesticidních látek celkem se vztahuje na součet jednotlivých stanovených a kvantitativně zjištěných pesticidních látek. Není-li látka zjištěna kvantitativně, k součtu se přičítá nula. [4]

Tab. 3.1 Nejvyšší mezní hodnoty dle vyhlášky 252/2004 Sb.

Ukazatel	NMH [$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]
Pesticidní látky	0,1
Pesticidní látky celkem	0,5

3.1 RELEVANTNÍ A NERELEVANTNÍ METABOLITY

Pojem „relevantní metabolit“ byl definován až v nařízení č. 1107/2009, které nahradilo směrnicí 91/414/EHS, i když byl používán již dříve a to ve dvou směrnicích EU (ve směrnici 98/83/ES a dnes již zrušené směrnici 91/414/EHS).

Definice zní: „Metabolit se považuje za významný (v anglickém „relevantní“), existuje-li důvod předpokládat, že jeho přirozené vlastnosti jsou srovnatelné s vlastnostmi mateřské látky, pokud jde o účinek na biologický cíl, nebo že představuje pro organismy vyšší riziko než mateřská látka nebo riziko srovnatelné anebo že má určité toxikologické vlastnosti, jež jsou považovány za nepřijatelné. Takový metabolit je významný pro rozhodnutí o celkovém schválení nebo pro stanovení opatření ke snížení rizika;“ [7]

Avšak tato definice nepodává jednoznačné kritérium, jak posoudit, který metabolit je, či není relevantní, vychází z metodiky, kterou vydala v roce 2003 Evropská komise a která potřebná kritéria obsahuje: Guidance document on the assessment of the relevance of metabolites in groundwater of substances regulated under Council directive 91/414/EEC (Metodický návod pro hodnocení relevantnosti metabolitů látek regulovaných podle směrnice Rady 91/414/EHS v podzemní vodě). Vzhledem k tomu, že neexistuje jiná oficiální metodika, Evropská komise ji považuje za stále platnou. [5]

Tab. 3. 2 Seznam posouzených nerelevantních metabolitů pesticidů a jejich doporučené limitní hodnoty

[6]

Název pesticidní látky	Název nerelevantního metabolitu	Doporučená limitní hodnota metabolitu	Datum stanovení	Poznámka
Chloridazon (CAS 1698-60-8)	Chloridazon-desphenyl (CAS6339-19-1) a Chloridazon-desphenyl-methyl (CAS17254-80-7)	6 µg/l* (platí pro sumu obou látek)	11. 7. 2014	*) za předpokladu, že hodnota mateřské látky chloridazon bude méně než 0,1 µg/l
S-Metolachlor (**) (CAS 87392-12-9)	Metolachlor sulfonic acid (ESA) (CAS 171118-09-5)	6 µg/l*	24. 3. 2015	*) za předpokladu, že hodnota mateřské látky metolachlor (S-Metolachlor) bude méně než 0,1 µg/l
S-Metolachlor (**) (CAS 87392-12-9)	Metolachlor oxanilic acid (OA) (CAS 152019-73-3)	6 µg/l*	29. 7. 2015	*) za předpokladu, že hodnota mateřské látky metolachlor (S-Metolachlor) bude méně než 0,1 µg/l
Metazachlor (CAS 67129-08-2)	Metazachlor sulfonic acid (ESA) (CAS 172960-62-2)	5 µg/l*	22. 5. 2015	*) za předpokladu, že hodnota mateřské látky metazachlor bude méně než 0,1 µg/l
Metazachlor (CAS 67129-08-2)	Metazachlor oxanilic acid (OA) (CAS 1231244-60-2)	5 µg/l*	29. 7. 2015	*) za předpokladu, že hodnota mateřské látky metazachlor bude méně než 0,1 µg/l
Alachlor (CAS 15972-60-8)	Alachlor ethanesulfonic acid (ESA) (CAS 142363-53-9)	1 µg/l*	22. 5. 2015	*) za předpokladu, že hodnota mateřské látky alachlor bude méně než 0,1 µg/l
Alachlor (CAS 15972-60-8)	Alachlor oxanilic acid (OA) (CAS 171262-17-2)	1 µg/l*	23. 11. 2015	*) za předpokladu, že hodnota mateřské látky alachlor bude méně než 0,1 µg/l
Atrazin (CAS1912-24-9)	Atrazin-2-hydroxy (CAS 2163-68-0)	2 µg/l*	23. 11. 2015	*) za předpokladu, že hodnota mateřské látky (atrazin) bude v rámci stanoveného limitu, čili méně než 0,1 µg/l.

4 PRÁVNÍ PŘEDPISY O POUŽÍVÁNÍ PESTICIDŮ V ČR

Právní předpisy o používání pesticidů určují limitní množství pesticidů, které mohou být aplikovány, udávají možná doporučení a umožňují kontrolu nad používanými pesticidními látkami.

Základní *Směrnice pro regulaci* obsahu farmaceutik, hormonů, metabolitů a farmaceutických prostředků, pesticidů s produkty jejich biologického či fyzikálně – chemického rozkladu ve vodním prostředí.

Pro dosažení udržitelného používání pesticidů byla zpracována Směrnice 2009/128/ES Evropského parlamentu (EP) a Rady, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů. Směrnice se vztahuje pouze na používání pesticidních látek na ochranu rostlin (herbicidy) nikoliv na biocidy. Směrnice slouží k posílení dohledu, informování uživatelů, opatření používání těchto látek a na vazbu k pitné vodě. [7]

Dalším důležitým dokumentem je *Nařízení EP a Rady (ES) č. 1185/2009 o statistice pesticidů a ES 1107/2009* o uvádění přípravku na ochranu rostlin na trh. Uvedená nařízení jsou přímo použitelná v jednotlivých členských státech EU. Povinnost členských států EU implementovat uvedenou Směrnici do národní legislativy byla do roku 2011. Česká republika požadavky promítla do novely zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči (poslední změna č. 199/2012 Sb.) [1]

Vyhláška č. 252/2004 Sb., jak jsem již uvedla výše, stanovuje limitní hodnoty pesticidní látky a pesticidní látky celkem ve vodě.

Další vyhláškou, která se zabývá čistotou vody je *Vyhláška č. 83/2014 Sb.*, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.

Národní akční plán (NAP) byl navržen k zajištění udržitelného používání pesticidů v ČR. Jeho schválení bylo v září 2012. Národní akční plán slouží ke snížení používání pesticidů v České republice a stanovuje dva hlavní cíle. Cíle (NAP) jsou omezení rizik vycházející z používání přípravků na ochranu rostlin, a to v oblastech ochrany zdraví lidí, ochrany vod a ochrany životního prostředí, a optimalizace využívání přípravků bez omezení rozsahu zemědělské produkce a kvality rostlinných produktů. Dále by (NAP) měl podporovat alternativní způsoby ochrany plodin šetrnější k životnímu prostředí.

Garantem praktické implementace je Směrnice 2009/128/ES a přípravy NAP je Ministerstvo zemědělství, dále byla zapojeno i Ministerstvo zdravotnictví a Ministerstvo životního prostředí. Národní akční plán obsahuje 13 dílčích cílů a 69 opatření, které jsou datovány do roku 2020.

Existuje mnoho dalších směrnic a nařízení týkajících se obsahu pesticidních látek ve vodním prostředí. Jako například:

- Rámcová vodní směrnice 2000/60/es,
- Směrnice o ochraně podzemních vod 2006/118/es,
- Směrnice o prioritních látkách 2008/105/ES,
- Směrnice o pitných vodách 98/83/ES,
- Směrnice o integrované prevenci znečištění 96/61/ES,

Diplomová práce

- Nařízení Reach 1907/2006/ES,
- Nařízení 1107/2009/ES,
- Směrnice 2009/128/ES.

5 MOŽNOSTI ODSTRANĚNÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK Z VODY

Odstranění pesticidních látek z vody je složité, protože mnohé mikropolutanty mají různé vlastnosti. Fyzikální, chemické složení, mnohé z nich se mění se změnou vodního prostředí (pH, teplota, redoxně – oxidační potenciál a další), proto je těžké nalézt nějakou univerzální metodu na jejich odstranění.

Při volbě vhodné technologie pro odstranění pesticidních látek z vody je nutné vzít v potaz také další parametry, jakým je pořizovací cena a cena provozu takového zařízení. Problém pořízení technologie na odstranění mikropolutantů se tedy stává multikriteriálním.

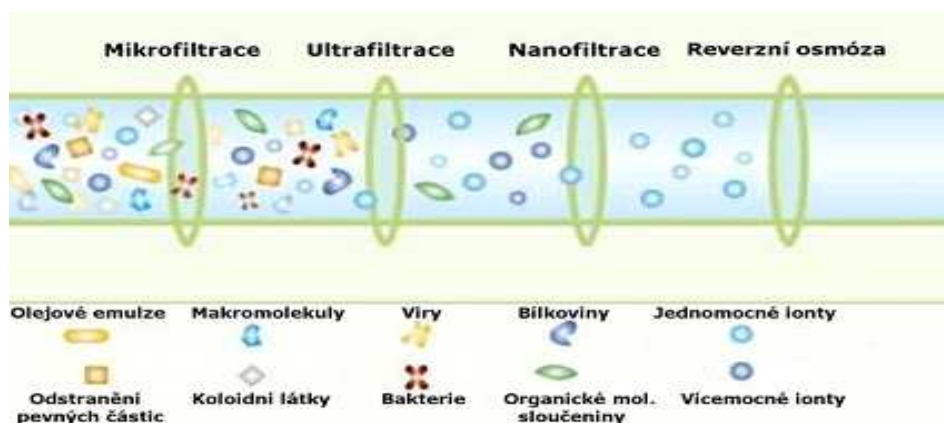
5.1 MEMBRÁNOVÉ PROCESY

Membránové procesy jsou jediným univerzálním řešením pro odstranění pesticidních látek z vody z důvodu možnosti nastavitelnosti velikosti průchodu vody. Membránové procesy můžeme z hlediska velikosti průchodnosti vody rozdělit na mikrofiltraci, ultrafiltraci, nanofiltraci a reverzní osmózu. Jednotlivé druhy membránových procesů se dále liší velikostí provozního tlaku a permeability neboli propustnosti. Účinnost odstranění pesticidních látek z vody při nanofiltraci a reverzní osmóze je více než 90%.

Tab. 5.1 Standardní parametry jednotlivých metod membránové filtrace[14]

Membránový proces	Typická velikost pórů	Provozní tlak	Permeabilita
	[nm]	[bar]	[$\text{Lm}^{-2}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$]
mikrofiltrace	50–1 000	0,1–0,2	> 50
ultrafiltrace	10–50	1,0–5,0	10–50
nanofiltrace	< 2	5,0–20	1,4–12
reverzní osmóza	< 1	10–100	0,05–1,4

Problémem membránových procesů je nutnost předúpravy vody, vyšší pořizovací cena, vyšší provozní náklady a fakt, že se z vody spolu s mikropolutanty odstraní i řada minerálů a dalších látek, které jsou nutné do vody zpět přidat, aby bylo možno ji využít jako vodu pitnou.



Obr. 5.1 Látky odstraňované membránovými procesy[13]

5.2 AKTIVNÍ UHLÍ

Aktivní uhlí jako nepolární adsorbent sorbuje především nepolární organické látky a neelektrolyty. Měrný povrch aktivního uhlí je mimořádně velký. Jedná se o soubor grafitových destiček, jejichž vzájemná vzdálenost tvoří mikropóry. Aktivní uhlí mívá v závislosti na jeho přípravě odlišné vlastnosti. Vlastnosti povrchu aktivního uhlí určuje druh suroviny (poměr mikropórů a makropórů), ze které je připraveno, dále na složení aktivační atmosféry a době a teplotě aktivačního procesu. O adsorbčních schopnostech rozhoduje velikost pórů, měrný povrch a chemická reaktivita povrchu. Granulované aktivní uhlí je hojně používáno při úpravě vody. [10]

Významné parametry aktivního uhlí:

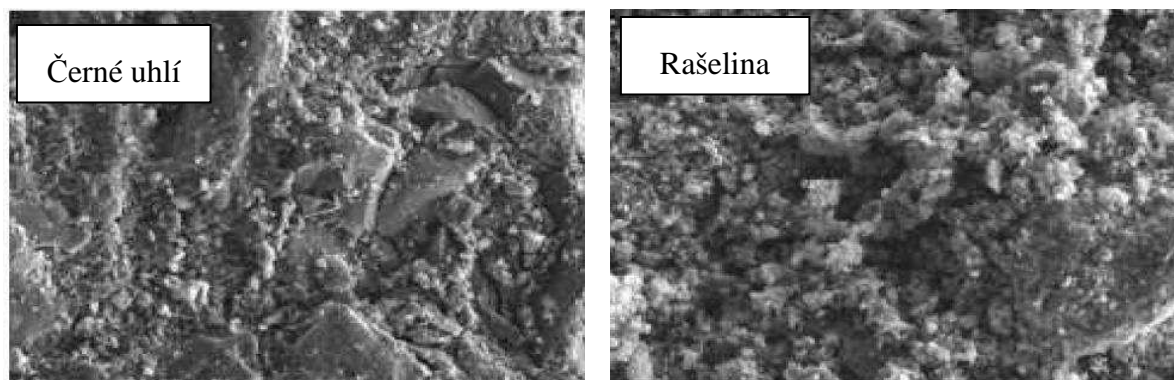
- stejnozrnnost granulovaného materiálu,
- hustota materiálu,
- celkový povrch,
- otěr – indikátor mechanické pevnosti,
- dechlorační pahodnota (vyjadřuje účinnost a životnost). [11]

Jako materiál, ze kterého je možno vytvořit aktivní uhlí je černé uhlí, kokosové skořápky, dřevo a další. Životnost aktivního uhlí při použití na odstranění pesticidů z vody se pohybuje mezi 2-5 lety. Po ztrátě aktivity je možná jeho reaktivace. Reaktivace spočívá v zahřívání uhlí na různých teplotách, dle typu materiálu. Nevýhodou aktivního uhlí je vyšší pořizovací cena a cena reaktivace, která je rovna cca 2/3 ceny uhlí nového. [11]

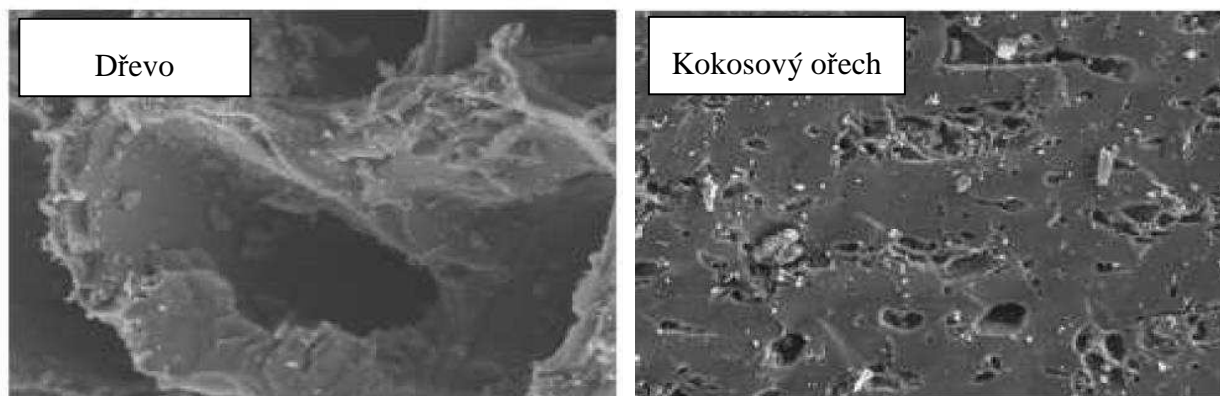
Tab. 5.2 Základní typy GAU [12]

Surovina	uhlí	rašelina	dřevo	kokosové skořápky
Typ GAU	práškové	extrudované	práškové	práškové
Aktivace	pára	pára	chemická	pára

Při odstraňování pesticidů z vody filtrací přes aktivní uhlí bychom měli zajistit dobu zdržení (kontaktní dobu) 10 – 20 minut. Životnost takového uhlí je potom 1 – 3 roky. [11]



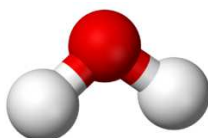
Obr. 5.2a Mikrostruktura základních typů GAU [12]



Obr. 5. 2b Mikrostruktura základních typů GAU [12]

5.3 OXIDACE OZÓNEM

Ozon je důležitým dezinfekčním a oxidačním činidlem používaným při úpravě vody. Reakce, při kterých probíhá redukce ozonu na kyslík, mají jeden z nejvyšších oxidačně – redukčních potenciálů. Ozon může být ve skupenství pevném (namodralá barva), nebo ve skupenství kapalném (fialová barva). Poločas rozpadu ozonu se pohybuje v jednotkách až desítkách minut v závislosti na pH a teplotě vody.

Obr. 5.3 Molekulový vzorec ozonu - O₃

Ozon se v úpravárenství používá hlavně pro hygienické zabezpečení, zlepšení barvy vody, odstranění zápachu, ale rovněž i pro odstranění organických látek z vody jejich oxidací (k oxidaci železa, manganu, síry, dusitanů a v neposlední řadě i pesticidních látek). Oxidací ozonu se přeměňují organické látky na biologicky odbouratelné organické látky, které mohou být následně odstraněny granulovaným aktivním uhlím.

Potřebná dávka ozonu při úpravě vody se pohybuje od desetin až po jednotky mg.l⁻¹. U pesticidů záleží na typu molekuly daného pesticidu, účinná dávka se uvádí mezi 1 – 4 mg.l⁻¹ O₃ po dobu 8 – 10 minut. [10] [11] [15]

Tab. 5.3 Účinnost působení ozonizace na jednotlivé PL[15]

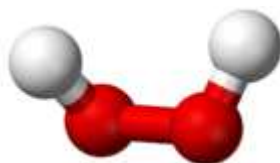
	1 mg/l	2 mg/l	3 mg/l	4 mg/l
Acetochlor	48 %	69 %	76 %	-
Alachlor	70 %	71 %	78 %	79 %
Atrazin	13 %	30 %	40 %	56 %
Lindan	< 5%	< 5%	< 5%	< 5%
Metolachlor	45%	63%	70%	-
Terbutryn	> 99 %	> 99 %	> 99 %	> 99 %
AMPA	> 86 %	> 86 %	> 86 %	> 86 %
Glyfosát	> 94 %	> 94 %	> 94 %	> 94 %

5.4 KOMBINACE OZONIZACE A FILTRACE PŘES GAU

Při použití oxidace ozonem na odstranění pesticidů a následné filtrace organických látek přes GAU filtry dojde k téměř 100 % odstranění nežádoucích pesticidních látek, musíme však dbát na to, aby směšování ozonu s vodou bylo kvalitní. Zbytkový ozon má významný vliv na úbytek filtračního GAU. [11]

5.5 OXIDACE SMĚSI OZONU A PEROXIDU VODÍKU (AOP)

Oxidace směsí ozonu a peroxidu vodíku patří mezi pokročilé oxidační procesy. AOP se může definovat jako techniky, které zahrnují vznik vysoce reaktivních radikálových meziproduktů, hlavně hydroxylových radikálů (OH), které mají výrazně vyšší oxidační schopnost než běžná oxidační činidla i samostatný ozon. [17]

Obr. 5.4 Molekulový vzorec peroxidu vodíku - H_2O_2

AOP zahrnují procesy kombinující O_3 , H_2O_2 a UV. Rozsah degradace organických mikropolutantů je ovlivněn dávkou oxidantu, intenzitou záření, pH, dobou zdržení, povahou organického mikropolutantu, primárními rozpuštěnými látkami aj. [16]

6 ÚPRAVNA VODY HRDIBOŘICE

ÚV Hrdibořice je hlavním zdrojem pitné vody pro město Prostějov a okolní obce.

Úpravna vody Hrdibořice se nachází v Olomouckém kraji přibližně 5 km od města Prostějov. Vlastníkem ÚV Hrdibořice jsou Vodovody a kanalizace Prostějov, a. s. Provozovatelem ÚV Hrdibořice je společnost MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s., která je členem skupiny Veolia Voda.



Obr. 6. 1 Znázornění zájmového území na mapě Prostějovského kraje

Úprava vody Hrdibořice o výkonu 45,0 l/s byla postavena v letech 1968-69.

Zahrnovala budovu filtrace, budovu strojovny, budovu NN s trafostanicí a akumulaci pitné vody o objemu $1 \times 670 \text{ m}^3$ + nezbytné prostory pro provoz a obsluhu.

V budově filtrace byla situována reakční nádrž s meandrovitým průtokem surové vody a tři otevřené pískové rychlofiltry o celkové filtrační ploše $45,6 \text{ m}^2$. V budově strojovny byla osazena dvě odstředivá čerpadla pitné vody, kterými je pitná voda přečerpávána do VDJ Stráž. Regenerace pískových filtrů je prováděna pitnou vodou a vzduchem. Dvě prací čerpadla a dvě dmychadla jsou osazena také v budově strojovny.

V letech 1991 – 1992 byla přistavena k původní budově filtrů (označena jako „Stará budova filtrů“) „Nová budova filtrů“, ve které byly osazeny tři aerátory pracující na principu prstencového skoku, reakční nádrž s děrovanými stěnami a čtyři pískové filtry o celkové ploše $54,4 \text{ m}^2$.

Max. výkon úpravy se zvýšil na 110 l/s.

V roce 1995 byla provedena rekonstrukce aeračního zařízení a systému MaR. Původní aerátory byly nahrazeny třemi provzdušňovacími věžemi s průtokem vody shora dolů přes vrstvu z Rashigových kroužků a s protiproudovým průtokem tlakového vzduchu. Původní měřicí zařízení (vodoměry) bylo vyměněno a doplněno o nové měřicí přístroje a zařízení (průtokoměry, tlaková čidla, ultrazvukové měření hladiny, PC pracoviště) pro potřeby automatizovaného řízení provozu a přenosu vybraných provozních hodnot na centrální vodárenský dispečink provozovatele.

V roce 2016 byly provzdušňovací věže nahrazeny pěti aerátory pracující na principu prstencového skoku s pěti kaskádovými přepady.



Obr. 6.2 Pohled na ÚV Hrdibořice

6.1 ZDROJ VODY

Zdrojem podzemní vody pro ÚV Hrdibořice je soustava tří pramenišť A, B, C v okolí úpravny vody.

Prameniště „A“ sestává ze čtyř jímacích vrtů (HV 101 až HV 104) s celkovou kapacitou 40,0 l/s. Jímání a kvalita z této lokality je poměrně stálá a tvoří základ upravované vody. V jímacím území „A“ je v každém vrtu osazeno ponorné čerpadlo KSB typu UPA 150 - S-48/3, $Q = 8,0 - 11,50$ l/s, $H = 35,0 - 29,0$ m v. sl. s elektromotorem 5,5 kW. Každé ponorné čerpadlo je vybaveno frekvenčním měničem.

Prameniště „B“ tvoří dva jímací vrty (HV 108 a HV 109), z nichž je voda násoskami svedena do sběrné studny S 107. Jímání a kvalita vody jsou ovlivňovány ročním obdobím (jarní a letní záplavy) a celková vydatnost se dle provozovatele pohybuje okolo 10,0 l/s. Ve sběrné studni S 107 je osazeno ponorné čerpadlo KSB typ UPA-150 S-48/3, $Q = 10,0$ l/s, $H = 32,0$ m s elektromotorem 5,5 kW a s frekvenčním měničem.

Prameniště „C“ tvoří tři jímací vrty (HV 106, S 112A a S 112B) s celkovou vydatností okolo 30,0 l/s. V této lokalitě je situován i vrt HV 105, který je však pro svou špatnou kvalitu vody nevyužíván. V jímacím území „C“ je ve vrtu HV 106 osazeno ponorné čerpadlo KSB typ UPA-150-48/4, $Q = 14,0$ l/s, $H = 30,50$ m s elektromotorem 6,5 kW a s frekvenčním měničem. Ve vrtech S 112A a S 112B jsou osazena ponorná čerpadla KSB typ UPA-150-48/4, $Q = 14,0$ l/s, $H = 30,50$ m s elektromotorem 6,5 kW a s frekvenčním měničem.

Podzemní voda z jednotlivých pramenišť je samostatnými výtlačnými řady přiváděna přes společnou vodoměrnou šachtu na úpravnu vody Hrdibořice [8].



Obr. 6.3 Vrt HV104, prameniště A

6.2 KVALITA SUROVÉ VODY

Hodnoty celkové tvrdosti se pohybují 3,5 – 5,3 mol/l a celková mineralizace kolem 600-890 mg/l. Voda z celého prameniště obsahuje stopové koncentrace dusitanů do 10 mg/l. Velmi nízké jsou rovněž koncentrace fosforečnanů a manganu.

Voda je relativně hodně železnatá (0,10 – 6,0 mg/l) a obsahuje vyšší koncentrace síranů (20 – 200 mg/l). Koncentrace chloridů jsou do 20 mg/l.

Množství látek obsažených v surové vodě přečerpávané na ÚV je funkcí čerpaného množství vody z jednotlivých pramenišť [8].

V následující tabulce jsou zobrazeny kvalitativní údaje vybraných ukazatelů kvality surové vody. Údaje jsou měřené v jednotlivých měsících po dobu celého roku 2015 a zpracovány jako průměrná, minimální a maximální hodnota. Dále je v tabulce 6.1 zaznamenána limitní hodnota v každém ukazateli podle vyhlášky 252/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Tab. 6.1 Kvalita surové vody dle vyhodnocení společnosti MOVO, a.s. za rok 2015

Ukazatel	Jednotka	Limit	Průměr	Minimum	Maximum
Zákal	NTU	5,00	14,00	1,60	23,00
Konduktivita	mS/m	125,00	90,90	77,00	97,90
Teplota	°C	8-12	10,60	9,70	11,70
Železo	mg/l	0,20	3,34	0,06	6,0
Mangan	mg/l	0,05	0,10	0,00	0,32
Dusičnany	mg/l	50,00	11,60	0,87	23,5

6.2.1 Výskyt pesticidních látek ve zdroji vody

Vzhledem k faktu, že ve zdroji pitné vody ÚV Hrdibořice byl zaznamenán výskyt pesticidních látek, bylo provozovatelem započato průběžné sledování koncentrací těchto látek v jednotlivých prameništích (vrtech, studních).

Následující tabulky vyjadřují množství zaznamenaných koncentrací vybraných pesticidních látek u vzorků vody, které byly odebrány od května do října 2015, každý měsíc z každého prameniště či studny, jež je zdrojem vody pro ÚV Hrdibořice.

Modře zvýrazněné jsou naměřené zvýšené hodnoty, červeně zvýrazněné jsou pak hodnoty, které byly dle vyhlášky 252/2004 Sb. překročeny.

Tab. 6.2 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 27. 5. 2015

		Atrazin	Desetylatrazin metabolit	Chloridazon	Atrazine - hydroxy metab.	Acetochlor ESA	Pesticidní látky celkem
		[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]
Prameniště	HV 101 A	0.040	0.060	<0.025	<0.025	<0.025	0.100
	HV 102 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
	HV 104 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
	HV 106 A	<0.025	<0.025	0.045	0.074	<0.025	0.119
	HV 107 A (S. studna)	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
	Studna 112 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
	Studna 112 B	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025

Dle naměřených údajů v jednotlivých prameništích je vidět, že vybrané jednotlivé pesticidy překročily dne 27. 5. 2015 limitní množství $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ve 4 případech.

Zvýšené množství bylo zaznamenáno v prameništi HV 101A a to u atrazinu ($0,04 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a metabolitu desetylatrazinu ($0,06 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Zvýšené množství pesticidních látek bylo také zaznamenáno v prameništi HV 106A a to u chloridazonu ($0,045 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a u hydroxy metabolitů atrazinu ($0,074 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Tab. 6.3 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 24. 6. 2015

		Atrazin	Desetylatrazin metabolit	Chloridazon	Atrazine - hydroxy metab.	Acetochlor ESA	Pesticidní látky celkem
		[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]
Prameniště	HV 101 A	0.083	0.083	<0.025	<0.025	<0.025	0.166
	HV 102 A	0.140	0.083	<0.025	<0.025	<0.025	0.223
	HV 104 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.000
	HV 106 A	<0.025	<0.025	0.046	0.059	0.230	0.335
	HV 107 A (S. studna)	<0.025	<0.025	<0.025	0.026	0.190	0.216
	Studna 112 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.000
	Studna 112 B	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.120	0.120

Podle tabulky 7.2, která zobrazuje hodnoty naměřené 24. 6. 2015, byly překročeny limity u studny HV 102 A, kde dosáhla hodnota atrazinu ($0,14 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), u studny HV 106 A, kde byla překročena hodnota acetochloru ESA ($0,23 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), u sběrné studny S 107 A (prameniště „B“) s hodnotou opět acetochloru ($0,19 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a rovněž hodnota acetochloru byla překročena ve studni S 112 B ($0,12 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Tab. 6.4 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 22. 7. 2015

		Atrazin	Desetylatrazin metabolit	Chloridazon	Atrazine - hydroxy metab.	Acetochlor ESA	Pesticidní látky celkem
		[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]
Prameniště	HV 101 A	0.083	0.110	<0.025	<0.025	<0.025	0.193
	HV 102 A	0.130	0.120	<0.025	<0.025	<0.025	0.250
	HV 104 A	0.031	0.034	<0.025	<0.025	<0.025	0.065
	HV 106 A	<0.025	<0.025	<0.025	0.086	0.350	0.436
	HV 107 A (S. studna)	<0.025	<0.025	<0.025	0.054	0.330	0.384
	Studna 112 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.000
	Studna 112 B	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.260	0.260

Tabulka 7.3 ukazuje, že dne 22. 7. 2015 byly překročeny hodnoty u všech pesticidních látek, kromě chloridazonu. U všech pramenišť byly nalezeny nějaké pesticidní látky v různých koncentracích. Hodnoty byly překročeny ve vrtu HV 101 A u desetylatrazinu ($0,11 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a zvýšeny u atrazinu ($0,083 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), ve vrtu HV 102 A byly hodnoty překročeny u atrazinu ($0,13 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a opět i u desetylatrazinu ($0,12 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), ve vrtu HV 104 A byly zvýšené hodnoty opět již zmiňovaného atrazinu ($0,031 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a desetylatrazinu ($0,034 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Voda ve vrtu HV 106 A vykazovala zvýšení u hydroxy metabolitů atrazinu ($0,086 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a výraznější překročení acetochloru ESA ($0,35 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Ten byl ve stejné hodnotě nalezen i ve sběrné studni HV 107 A spolu se zvýšenou hodnotou pro hydroxy metabolity atrazinu ($0,054 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Tab. 6.5 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 13. 8. 2015

		Atrazin	Desetylatrazin metabolit	Chloridazon	Atrazine - hydroxy metab.	Acetochlor ESA	Pesticidní látky celkem
		[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]
Prameniště	HV 101 A	0.088	0.120	<0.025	<0.025	<0.025	0.208
	HV 102 A	0.120	0.110	<0.025	<0.025	<0.025	0.230
	HV 104 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.000
	HV 106 A	<0.025	<0.025	0.056	0.061	0.200	0.317
	HV 107 A (S. studna)	<0.025	<0.025	<0.025	0.040	0.250	0.290
	Studna 112 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.000
	Studna 112 B	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.300	0.300

Tabulka 7.4 ukazuje, že dne 13. 8. 2015 byly překročeny hodnoty u všech pesticidních látek. Hodnoty byly překročeny ve vrtu HV 101 A u desetylatrazinu ($0,120 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a zvýšeny u atrazinu ($0,088 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), ve vrtu HV 102 A byly hodnoty překročeny u atrazinu ($0,12 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a opět i u desetylatrazinu ($0,11 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), ve vrtu HV 104 A nebylo nalezeno žádné zvýšení pesticidních látek. Voda ve vrtu HV 106 A vykazovala zvýšení u chloridazonu ($0,056 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), hydroxy metabolitů atrazinu ($0,061 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a překročení acetochloru ESA ($0,20 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Ve vrtu HV 107 A byla nalezena zvýšená hodnota hydroxy metabolitů atrazinu ($0,040 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a překročená hodnota acetochloru ESA ($0,25 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Studna S 112 B obsahovala překročenou hodnotu acetochloru ESA ($0,30 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Tab. 6.6 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 21. 9. 2015

		Atrazin	Desetylatrazin metabolit	Chloridazon	Atrazine - hydroxy metab.	Acetochlor ESA	Pesticidní látky celkem
		[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]
Prameniště	HV 101 A	0.029	0.049	<0.025	<0.025	<0.025	0.078
	HV 102 A	0.075	0.078	<0.025	<0.025	<0.025	0.153
	HV 104 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.000
	HV 106 A	<0.025	<0.025	0.045	0.078	0.290	0.413
	HV 107 A (S. studna)	<0.025	<0.025	<0.025	0.032	0.220	0.252
	Studna 112 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.000
	Studna 112 B	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.180	0.180

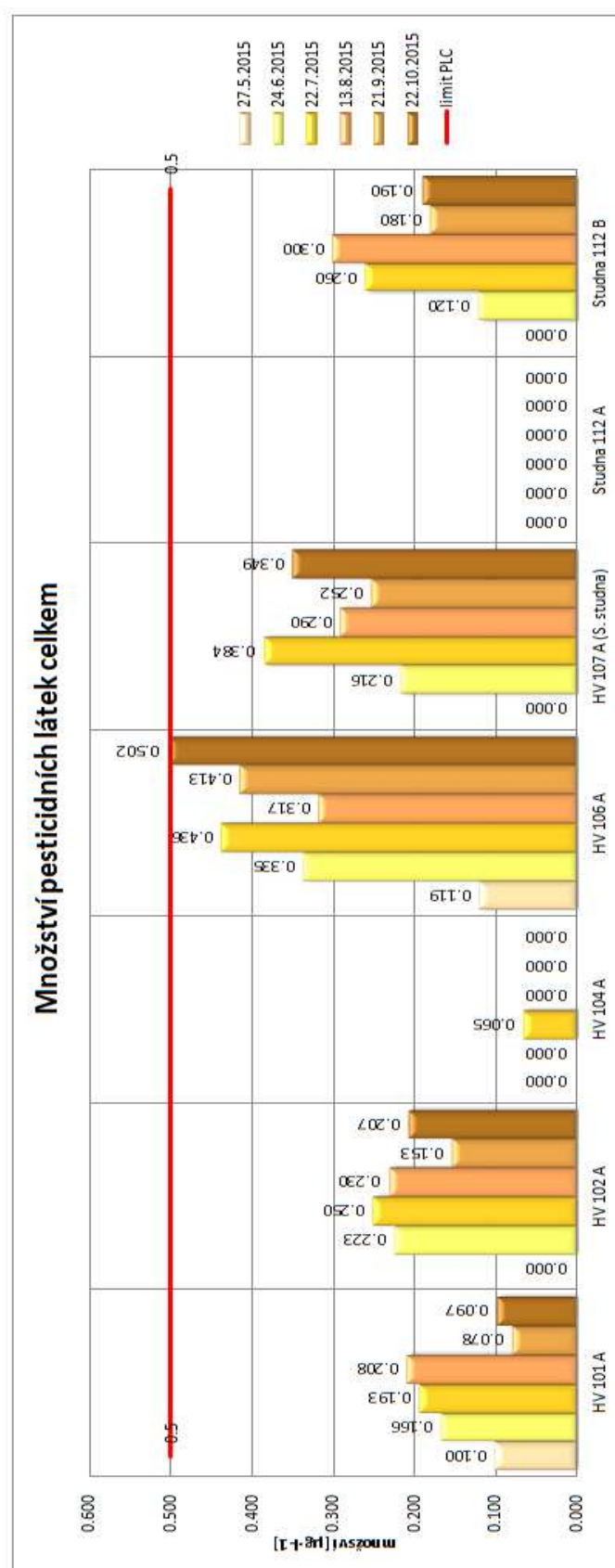
Tabulka 7.5 z měření dne 21. 9. 2015 ukazuje, že opět byly nalezeny zvýšené hodnoty pesticidních látek ve většině prameništ'. Ve vrtu HV 101 A byly nalezené zvýšené hodnoty atrazinu ($0,029 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a u desetylatrazinu ($0,049 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), ve vrtu HV 102 A byly zvýšené hodnoty u atrazinu ($0,075 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a opět i u desetylatrazinu ($0,078 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Ve vrtu HV 104 A nebylo nalezeno žádné zvýšení pesticidních látek. Voda ve vrtu HV 106 A vykazovala zvýšení u chloridazonu ($0,045 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), hydroxy metabolitů atrazinu ($0,078 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a překročení acetochloru ESA ($0,29 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Ve vrtu HV 107 A byla zvýšená hodnota hydroxy metabolitů atrazinu ($0,032 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a překročená hodnota acetochloru ESA ($0,22 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Studna 112 A nevykazovala žádné znečištění pesticidními látkami. Studna 112 B obsahovala překročenou hodnotu acetochloru ESA ($0,18 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Tab. 6.7 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 22. 10. 2015

		Atrazin	Desetylatrazin metabolit	Chloridazon	Atrazine - hydroxy metab.	Acetochlor ESA	Pesticidní látky celkem
		[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]
Prameniště	HV 101 A	0.038	0.059	<0.025	<0.025	<0.025	0.097
	HV 102 A	0.110	0.097	<0.025	<0.025	<0.025	0.207
	HV 104 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.000
	HV 106 A	<0.025	<0.025	0.050	0.072	0.380	0.502
	HV 107 A (S. studna)	<0.025	<0.025	<0.025	0.049	0.300	0.349
	Studna 112 A	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.000
	Studna 112 B	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.190	0.190

Naměřené hodnoty ze dne 22. 10. 2015 jsou zaznamenány v tabulce 7.6. Ve vrtu HV 101 A byly nalezené zvýšené hodnoty atrazinu ($0,038 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a u desetylatrazinu ($0,059 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Stejně látky jako ve vrtu HV 101 A byly nalezeny i ve vrtu HV 102 A a to atrazin o hodnotě ($0,110 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) překračující vyhlášku 251/2004 Sb. a opět i u desetylatrazin ($0,097 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), který je na hranici překročení vyhlášky. Voda ve vrtu HV 106 A vykazovala zvýšení u chloridazonu ($0,050 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), hydroxy metabolitů atrazinu ($0,072 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a výrazné překročení acetochloru ESA ($0,38 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Ve vrtu HV 107 A byla nalezena zvýšená hodnota hydroxy metabolitů atrazinu ($0,049 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a překročená hodnota acetochloru ESA ($0,30 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Studna 112 B obsahovala překročenou hodnotu acetochloru ESA ($0,19 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Výše uvedené tabulkové hodnoty celkových pesticidních látek v jednotlivých zdrojích jsem vynesla do sloupcových grafů.



Obr. 6.4 Celkové množství pesticidních látek ve zdrojích ÚV Hrdibořice v období květen až říjen 2015

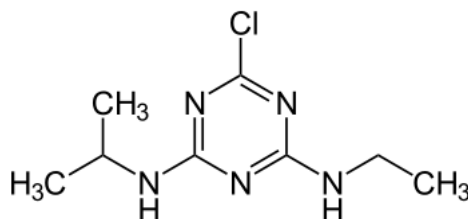
Následující grafy ukazují vybrané pesticidní látky, které byly u prameništ' překročeny nebo významněji zvýšeny. Jedná se o atrazin, desetylatrazin metabolit a acetochlor ESA.

Atrazin

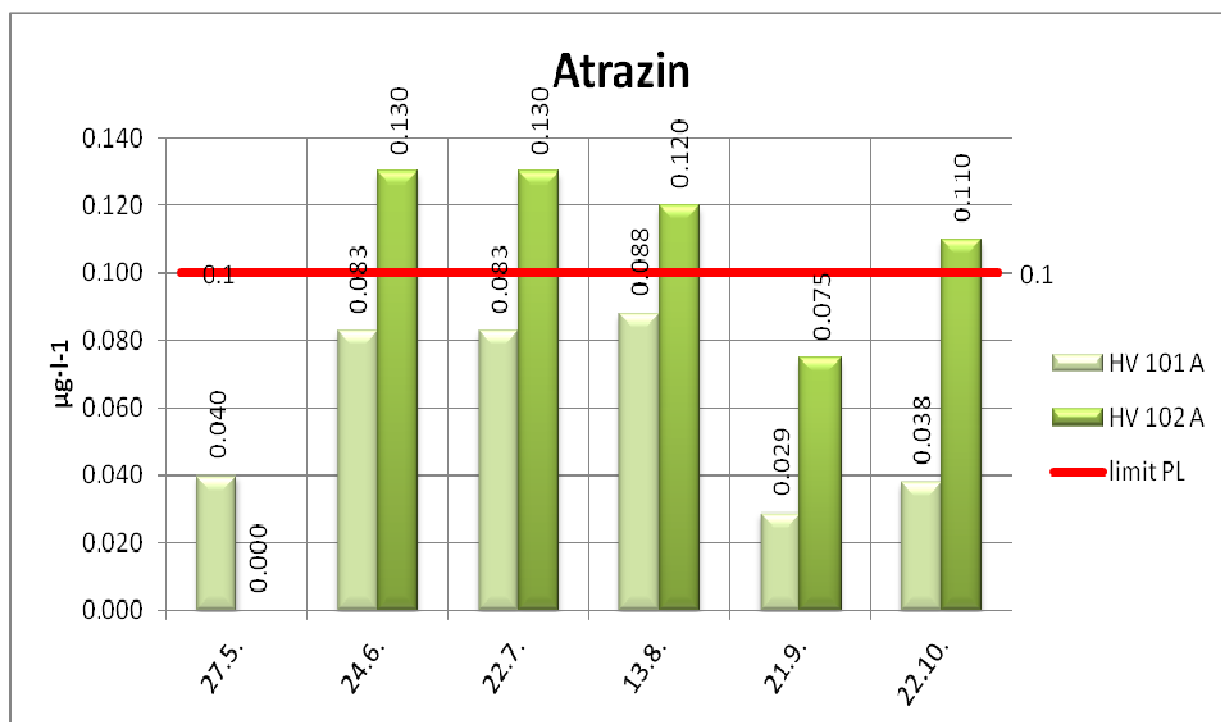
Koncentrace atrazinu převýšily limit PL nad maximální hodnotu $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ u prameništ' HV 102 A a u prameništ' HV 101 A. U ostatních prameništ' byla jeho koncentrace pod hodnotou $0,025 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Hodnoty z tabulek jsou zpracovány do následujícího grafu na 6.6.

Atrazin je podle zákona č. 254/2001 Sb. nebezpečná závadná látka (biocid), náleží do skupiny organochlorových pesticidů a má střední toxický potenciál pro vodní prostředí.

Jedná se o herbicid účinný na dvouděložné plevely. [19]



Obr. 6.5 Strukturní vzorec atrazinu



Obr. 6.6 Naměřené hodnoty atrazinu v období květen až říjen 2015

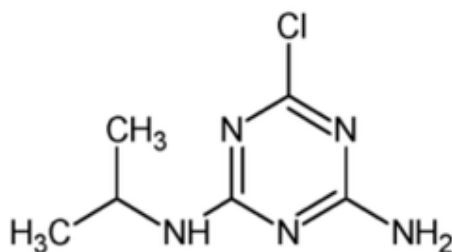
Podle grafu 1 v měřeném období byly koncentrace atrazinu u prameništ' HV 101 A nad limitní hodnotou $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ve dnech 24. 6. 2015 kdy jeho hodnota dosáhla $0,13 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 22. 7. 2015 ($0,13 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), 13. 8. 2015 ($0,12 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a 22. 10. 2015 ($0,11 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Prameništ' HV 102 vykazovalo pouze zvýšené hodnoty blízké limitní hodnotě $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace byla naměřená dne 13. 8. 2015 ($0,88 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Desethylatrazin metabolit

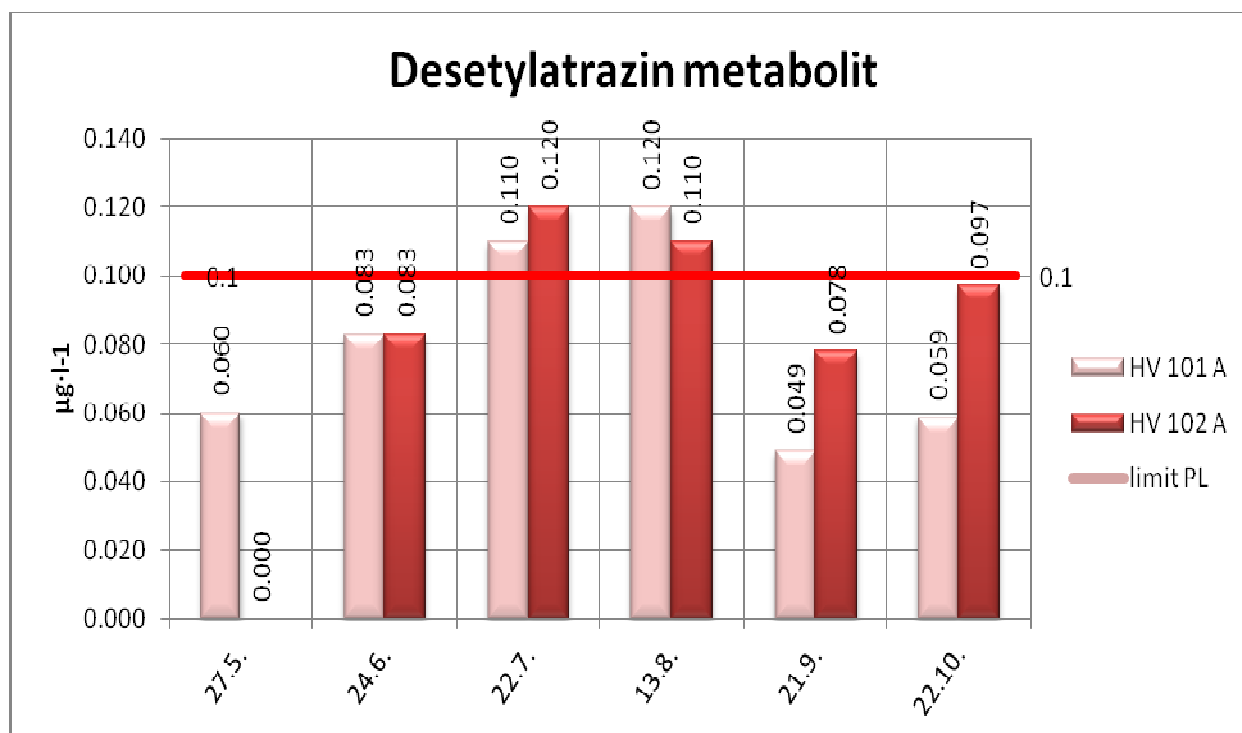
Vysoké koncentrace desethylatrazinu metabolitu byly opět nalezeny u prameniští HV 101 A a HV 102 A. Tyto hodnoty byly nad limitní hodnotu pro PL ve vodě. U ostatních prameniští byla jeho koncentrace pod hodnotou 0,025 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Hodnoty z tabulek jsou zpracovány do grafu na 6.8.

Desethylatrazin je podle zákona č. 254/2001 Sb. nebezpečná závadná látka (biocid), náleží do skupiny organochlorových pesticidů a má vysoký toxický potenciál pro vodní prostředí. Do vody se dostala pravděpodobně splachem zemědělských pozemků.

V ČR by tato látka neměla být již používána. [19]



Obr. 6.7 Strukturní vzorec desethylatrazinu



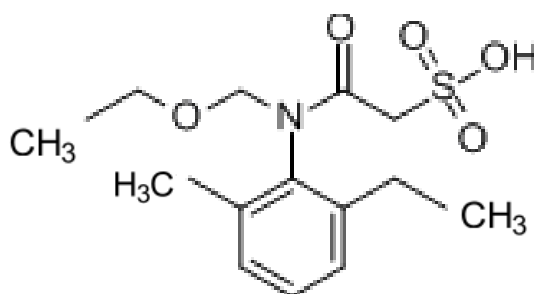
Obr. 6.8 Naměřené hodnoty desethylatrazinu v období květen až říjen 2015

Podle grafu 2 převýšení koncentrace desethylatrazinu nad limitní hodnotu bylo u prameniští HV 101 A (0,11 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a 0,12 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a HV 102 A (0,12 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a 0,11 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) ve dnech 22. 7. 2015 a 13. 8. 2015.

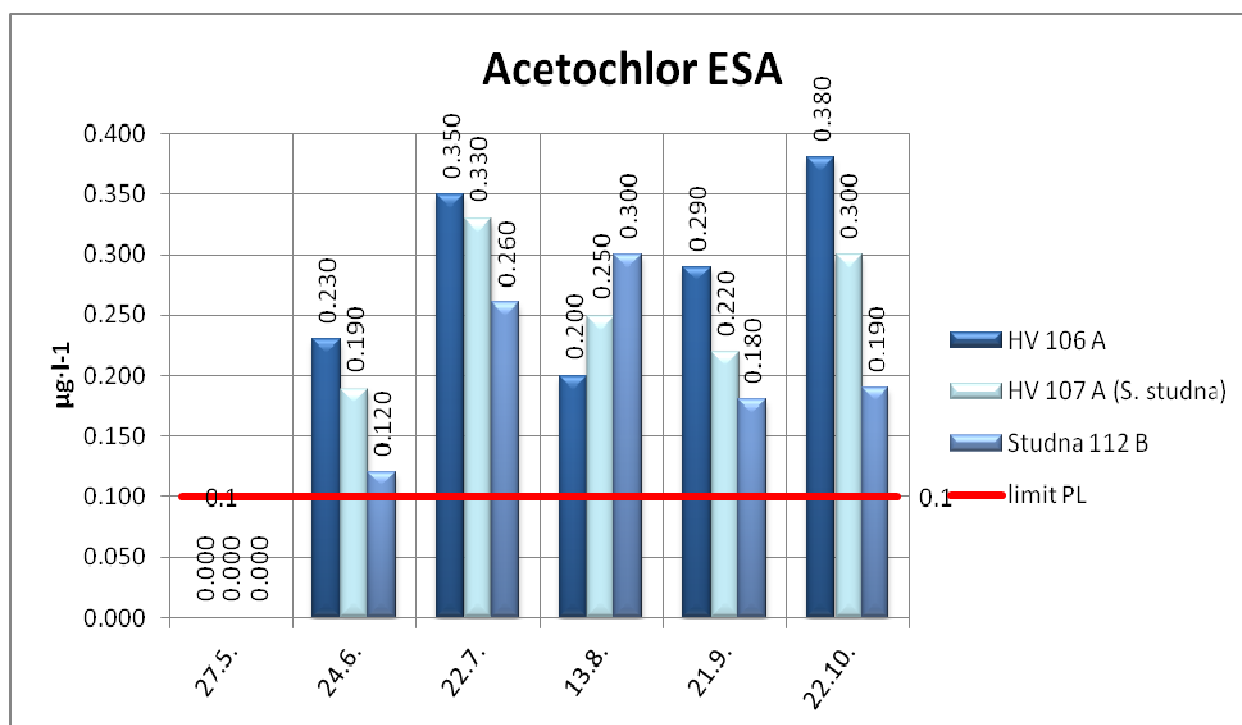
Acetochlor ESA

Koncentrace acetochloru ESA byly až trojnásobně překročeny nad limit PL u prameniště HV 106 A, studny HV 107 A a studny 112 B.

Acetochlor ESA patří ke skupině chloracetanilidových herbicidů. Jeho mateřská pesticidní látka je acetochlor. Na rozdíl od původní látky acetochloru je acetochlor ESA po požití méně vstřebatelný, v půdě podléhá jen malé přeměně (biotransformaci).



Obr. 6.9 Strukturální vzorec acetochloru ESA



Obr. 6.10 Naměřené hodnoty acetochloru ESA v období květen až říjen 2015

Koncentrace acetochloru ESA převyšují limit pesticidních látek ve všech měřených dnech s výjimkou 27. 5. 2015, kde koncentrace byly pod 0,025 µg·l⁻¹. Nejvyšší hodnota acetochloru ESA byla naměřena 22. 10. 2015 u prameniště HV 106 A (0,38 µg·l⁻¹). Druhou nejvyšší naměřenou koncentrací byla koncentrace 0,35 µg·l⁻¹ naměřena 22. 7. 2015 v prameništi HV 106 A. Ostatní naměřené koncentrace se pohybovaly kolem hodnoty 0,20 µg·l⁻¹. Acetochlor ESA měl ze všech měřených pesticidních látek nejvyšší hodnoty koncentrací znečištění.

6.3 TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY

Jedná se o jednostupňovou úpravu.

Technologie úpravy vody na ÚV Hrdibořice se skládá z následujících procesů:

- odkyselovací aerace (odvětrání CO_2 a H_2S) s nasycením vody kyslíkem pomocí provzdušňovacího zařízení a pěti kaskádovými přepady,
- 30-ti až 40-ti minutové zdržení v reakční nádrži (oxidace Fe^{2+} na Fe^{3+}),
- odželezování a odmanganování na otevřených pískových rychlofiltrech s náplní křemičitého písku FP 11/16,
- dávkování KMnO_4 do provzdušněné vody pro dooxidování dvojmocného železa a na preparaci pískové náplně filtrů (dle kvality vody přitékající na ÚV). 1,5% roztok KMnO_4 je dávkován do potrubí za reakční nádrží, v případě nutnosti může být dávkován do odtokového žlabu za kaskádovým přepadem,
- zajištění bakteriologické nezávadnosti filtrované vody je prováděno chlorovou vodou, jejíž intenzita se řídí podle požadované koncentrace aktivního chlóru v pitné vodě.

6.4 STAVAJÍCÍ PROVOZ ÚV HRDIBOŘICE

Surová voda natéká na společnou aeraci (pět aerátorů, každý o výkonu 15,0 až 25,0 l/s, za kterými je osazeno pět kaskádových stupňů, opatřených stavitelnou pilovitou hranou. Voda z posledního kaskádového stupně natéká do směšovacího žlabu, z kterého pak přepadá do dvou odtokových žlabů. Délka přelivných hran každého odtokového žlabu je přímo úměrná ploše pískových filtrů každé technologické linky (stará/nová budova filtrů).

Voda z příslušného odtokového žlabu natéká do reakční nádrže č. 1 (nová budova filtrů) a reakční nádrže č. 2 (stará budova filtrů).

Voda z reakční nádrže č. 1 natéká na 4 pískové filtry o celkové ploše 54,40 m². Voda z reakční nádrže č. 2 natéká na 3 pískové filtry o celkové ploše 45,60 m². Voda z pískových filtrů je odváděna společným potrubím do akumulčních nádrží pitné vody (670 m³ + 500 m³), situovaných v oploceném areálu úpravny. Hygienické zabezpečení je prováděno chlorovou vodou dávkovanou do společného potrubí filtrované vody.

Regenerace pískových filtrů je prováděna pitnou vodou a vzduchem.

Odpadní vody z praní pískových filtrů a odpadní provozní vody z proplachů jsou odváděny na kalové laguny. Odsazená voda z kalových lagun je přepouštěna do potoka Blata, vyschlý kal je po jednoročním vysoušení vyvážen na skládku.



Obr. 6.11 Aerace s kaskádovými stupni a odtokovými žlaby



Obr. 6.12 Pohled do suterénu aerace



Obr. 6.13 Pohled na filtry a reakční nádrží ve staré budově filtrů



Obr. 6.14 Pohled na filtry s reakční nádrží v nové budově filtrů

7 POLOPROVOZNÍ ZKOUŠKY NA ODSTRANĚNÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK NA ÚV HRDIBOŘICE

Vzhledem k tomu, že v podzemní vodě, která je přiváděna na ÚV Hrdibořice byl zaznamenán výskyt pesticidních látek a jejich metabolitů, je potřebné řešit jejich snížení pod přípustné limitní hodnoty, případně jejich úplné odstranění. Z možností odstraňování pesticidních látek z vody (viz kapitola 5) se mi jako nejvýhodnější řešení pro danou lokalitu jeví možnost využití filtrace přes granulované aktivní uhlí.

Kvalita surové vody směsné, která přichází na ÚV Hrdibořice je odvislá od systému čerpání surové vody z jednotlivých vrtů všech tří pramenišť. Množství surové vody čerpané z jednotlivých vrtů je nastavováno s ohledem na kvalitu vody v jednotlivých vrtech, kde se mění koncentrace pesticidních látek. Jednotlivá množství jsou nastavena dle provozních možností tak, aby surová voda směsná, které je přečerpávána na ÚV Hrdibořice měla co nejmenší obsah pesticidů a jejich metabolitů.

Dle dlouhodobého sledování kvality vody provozovatelem úpravny vody z hlediska množství pesticidních látek a jejich metabolitů byly pro poloprovozní zkoušky vytipovány vrty s nejvyššími hodnotami pesticidních látek. Množství surové vody směsné přečerpávané na ÚV Hrdibořice po dobu poloprovozních zkoušek bylo přizpůsobeno požadavkům provozu. Některé vrty však nebylo možno využít z důvodu jejich technologické odstávky (čištění daného vrtu a příslušného výtlačného řadu).

Poloprovozní zkoušky probíhaly na dvou typech modelu filtru.

Jeden typ modelu filtru s GAU náplní (typ I) pro tlakový režim filtrace, byl umístěn za pískovými filtry č. 5 až 7 ve staré budově filtrů a voda po filtraci ze společného odtokového potrubí filtrované vody DN 350 byla přiváděna na tento model filtru.

Druhý typ modelu filtru (typ II) pro filtraci s otevřenou hladinou (gravitační rychlofiltrace evropského typu) byl umístěn také ve staré budově filtrů. Voda pro poloprovozní zkoušky tohoto typu byla odebírána přímo z potrubí odtoku vody z reakční nádrže č. 2.

Začlenění modelu filtru daného typu filtrace do stávajícího úpravárenského procesu na ÚV Hrdibořice je patrné z technologického schématu – viz výkresová příloha č. 1.

Poloprovozní zkoušky typu I (odstranění pesticidů z filtrované vody na ÚV Hrdibořice) probíhaly v období od dubna do června 2016. Zkoušky s modelem filtru typu II (odstranění pesticidů z vody z reakční nádrže č. 2) probíhaly v listopadu a v prosinci 2016.

7.1 POLOPROVOZNÍ ZKOUŠKY NA MODELU FILTRU TYPU I

Na společném trubním vedení odběru filtrované vody DN 350 do akumulace pitné vody na ÚV Hrdibořice byla provedena 6/4“ odbočka s uzavíracím kohoutem a PE potrubím DN 40 pro napojení poloprovozního modelu filtru s náplní granulovaného aktivního uhlí (GAU).

Model filtru s GAU filtrační náplní o průměru 400 mm a celkové výšce 2,00 m byl umístěn v armaturní komoře filtrů vedle manipulační plošiny u pískového filtru č. 7 ve staré budově filtrace na ÚV Hrdibořice.

Model filtru z nerez oceli 17 240 (DIN 1.4301) byl v tlakovém provedení s mezidnem s osazenými filtračními tryskami z plastu, šířka mezer ve filtračních tryskách byla 0,4 mm. Výška filtrační náplně GAU byla zvolena 0,85 m, výška vody nad filtrační náplní GAU byla 0,90 m.

Odvzdušnění poloprovozního modelu tlakového filtru bylo provedeno PE hadicí DN 25, která byla vyvedena nad provozní hladinu pískových filtrů na ÚV Hrdibořice.

Na odběru filtrované vody byl osazen kulový kohout a šroubový vodoměr DN 25. Filtrovaná voda z modelu filtru byla PE hadicí DN 25 odváděna na kalovou lagunu č. 1.

Pro poloprovozní zkoušky modelu filtru tohoto typu byly použity dva druhy filtrační náplně GAU:

- Carbon AQ-38
- AquaSorb 2000

Regenerace GAU filtrační náplně byla prováděna pitnou vodou odebíranou přímo z rozvodu tlakové vody na ÚV Hrdibořice. Intenzita praní byla v souladu s doporučeními od výrobců dané filtrační náplně. Pro oba typy náplně byla doporučena intenzita praní $26 \text{ m}^3/\text{hod} \cdot \text{m}^2$.

S ohledem na výškové uspořádání pískových filtrů na ÚV Hrdibořice, na místo osazení poloprovozního modelu filtru s GAU filtrační náplní a na výšku provozní hladiny v obou akumulacích pitné vody na ÚV Hrdibořice pracoval model filtru v mírném přetlaku 0,50 až 3,50 m v. sl.. Hodnota přetlaku byla odvislá od tlaku vody ve společném sběrném potrubí filtrované vody – tj. odtok filtrované vody z pískových filtrů č. 5, č. 6 a č. 7.



Obr. 7.1 Model filtru typu I



Obr. 7.2 Detail filtračních trysek mezidna modelu filtru typu I

7.1.1 Filtrační náplně

Jako filtrační náplň do modelu filtru bylo použito aktivní uhlí od dvou výrobců GAU. První použitou náplní bylo aktivní uhlí „Carbon AQ-38“ od belgické společnosti Chemviron, druhou použitou náplní bylo aktivní uhlí „AquaSorb 2000“ od německé společnosti Jacobi GmbH. Typické vlastnosti obou náplní jsou uvedeny v tabulce 7.1.

Tab. 7.1 Typické vlastnosti filtračních náplní Carbon AQ-38 a AquaSorb 2000

Ukazatel	Jednotka	Hodnota	
		Carbon AQ-38	AquaSorb 2000
Hustota	kg/m ³	430	490
Methylenová modř	mg/g	270	280
Jodové číslo	mg/g	min 900	min 950
Specifický povrch	m ² /g	900	1000
Účinná velikost částic	mm	1	1
Sřední velikost částic	mm	1,4	1,4



Obr. 7.3 Vzorek uhlí Carbon AQ-38 (vlevo) a AquaSorb 2000 (vpravo)

7.1.2 Návrh průtoků pro model filtru typu I

Dne 7. dubna 2016 byl na ÚV Hrdibořice uveden do provozu model tlakového filtru s GAU filtrační náplní.

Vlastní průběh poloprovozních zkoušek typu I byl rozdělen na dvě etapy.

V první etapě byla použita GAU filtrační náplň Carbon AQ-38, ve druhé etapě potom AquaSorb 2000.

Po naplnění modelu filtru GAU filtrační náplní byla provedena kompletace modelu a bylo provedeno vyprání filtrační náplně pitnou vodou. Intenzita praní byla určena dle výrobce dané filtrační náplně.

Poté byl proveden výpočet pro navrhnutí průtoků a filtrační rychlosti na základě potřebné doby zdržení (minimum 10 minut) při výšce filtrační náplně 0,85 m.

Použité vzorce pro výpočet a vlastní výpočet:

$$S_{filtru} = \Pi \cdot d^2 / 4, \text{ kde} \quad (7.1)$$

S_{filtru} ... průřezová plocha filtru [m^2],

d_{filtru} ... průměr tlakového filtru [m],

Π ... matematická konstanta [-].

$$V_{GAU} = S_{filtru} \cdot h_{GAU}, \text{ kde} \quad (7.2)$$

V_{GAU} ... objem filtrační náplně [m^3],

S_{filtru} ... průřezová plocha filtru [m^2],

h_{GAU} ... výška filtrační náplně [m].

$$t = V_{GAU} / Q_n, \text{ kde} \quad (7.3)$$

t ... kontaktní doba [hod],

V_{GAU} ... objem granulovaného aktivního uhlí [m^3],

Q ... návrhový průtok [$m^3 \cdot h^{-1}$].

$$v_n = Q_n / S_{filtru}, \text{ kde} \quad (7.4)$$

v ... návrhová rychlost [$m \cdot h^{-1}$],

Q ... návrhový průtok [$m^3 \cdot h^{-1}$],

S_{filtru} ... průřezová plocha filtru [m^2].

Diplomová práce

$$d_{\text{filtru}} = 0,4\text{m}$$

$$S_{\text{filtru}} = \pi \cdot d_{\text{filtru}}^2 / 4 = \pi \cdot 0,4^2 / 4 = 0,13\text{ m}^2$$

$h_{\text{celková}}$ = filtrační výška modelu filtru

$$h_{\text{celková}} = 2,0\text{ m}$$

h_{GAU} = výška filtrační náplně

$$h_{\text{GAU}} = 0,85\text{ m}$$

$$V_{\text{GAU}} = h_{\text{GAU}} \cdot S_{\text{filtru}} = 0,85 \cdot 0,13 = \underline{0,11\text{ m}^3}$$

t ...zkoušená doba kontaktu vody s filtrační náplní

$$t_1 = 10\text{ min} = 0,17\text{ hod}$$

$$Q_1 = V_{\text{GAU}} / t_1 = 0,11 / 0,17 = 0,65\text{ m}^3/\text{h} = \underline{0,18\text{ l/s}}$$

$$v_1 = Q_1 / S_{\text{filtru}} = 0,65 / 0,13 = 5,00\text{ m}^3/\text{h} = \underline{1,39\text{ l/s}}$$

$$t_2 = 13\text{ min} = 0,22\text{ hod}$$

$$Q_2 = V_{\text{GAU}} / t_2 = 0,11 / 0,22 = 0,50\text{ m}^3/\text{h} = \underline{0,14\text{ l/s}}$$

$$v_2 = Q_2 / S_{\text{filtru}} = 0,50 / 0,13 = 3,85\text{ m}^3/\text{h} = \underline{1,07\text{ l/s}}$$

$$t_3 = 8,50\text{ min} = 0,14\text{ l/s}$$

$$Q_3 = V_{\text{GAU}} / t_3 = 0,11 / 0,14 = 0,79\text{ m}^3/\text{h} = 0,22\text{ l/s}$$

$$v_3 = Q_3 / S_{\text{filtru}} = 0,79 / 0,13 = 6,08\text{ m}^3/\text{h} = 1,69\text{ l/s}$$

První průtok $Q_1 = 0,18\text{ l/s}$ byl stanoven dle minimální doby kontaktu filtrované vody s GAU náplní, která je doporučována výrobcem hodnotou 10 minut.

Druhý nastavený průtok $Q_2 = 0,14\text{ l/s}$ byl stanoven na základě optimální doby zdržení, která je výrobcem doporučována v rozmezí 10 – 15 minut. Kontaktní doba v tomto případě byla stanovena na 13 minut.

Poslední nastavený průtok $Q_3 = 0,22\text{ l/s}$ byl nastaven tak, aby se ověřilo zda bude filtr s GAU náplní fungovat i při snížení doporučené doby kontaktu o cca 20 %. Průtok Q_3 byl nastaven z časových důvodů pouze u GAU náplně AquaSorb 2000.

V první etapě poloprovozních zkoušek byly nastaveny dva průtoky:

- $Q_1 = 0,18\text{ l/s}$
- $Q_2 = 0,14\text{ l/s}$

Po dohodě s technologem provozu ÚV Hrdibořice byly vybrány zdroje podzemní vody (vrty v jednotlivých prameništích), které mají v současnosti nejvyšší obsah pesticidů. U těchto vybraných zdrojů bylo dle provozních možností nastaveno odebírané množství vody, které bylo následně přečerpáno na ÚV Hrdibořice.

Diplomová práce

Průtok vody přes poloprovozní model filtru s GAU filtrační náplní byl nastaven kulovým kohoutem na odtoku z modelu filtru.

Po 3 až 5-ti dnech provozu modelu filtru s daným průtokem Q_1 byl proveden odběr vzorku před modelem filtru s GAU náplní a za ním.

U každého vzorku byla provedena laboratorní analýza na pesticidy a teplotu.

Po odebrání vzorku vody k analýze byl na poloprovozním modelu filtru s GAU náplní nastaven průtok Q_2 a filtrační cyklus se opakoval.

V závěru první etapy poloprovozních zkoušek byla u modelu filtru typu I provedena regenerace filtrační náplně. Následně byla filtrační náplň v modelu filtru vyměněna a byla provedena druhá etapa poloprovozních zkoušek na modelu filtru typu I.

V druhé etapě poloprovozních zkoušek byly nastaveny dva průtoky:

- $Q_1 = 0,18 \text{ l/s}$
- $Q_3 = 0,22 \text{ l/s}$

Průběh poloprovozních zkoušek ve druhé etapě byl stejný jako v první etapě.

Poloprovozní modelové zkoušky typu I byly ukončeny v červnu 2016.

Celkem byly provedeny tři filtrační cykly poloprovozních zkoušek na modelu filtru typu I.

V průběhu poloprovozních zkoušek kromě výše uvedeného vždy na začátku provozního cyklu bylo zaznamenáno množství surové vody odebírané z jednotlivých vrtů pramenišť a množství surové vody směsné přečerpávané na ÚV.

Po ukončení poloprovozních zkoušek na modelu filtru typu I (15. června 2016) byly zahájeny předem naplánované čistící práce na vrtech a příslušných příváděcích řadech surové vody postupně ve všech třech prameništích.

7.1.3 Měření pesticidních látek

Odběry a následná analýza pesticidních látek probíhaly ve dnech 21. 4., 27. 4., 16. 5., 7. 6. a 15. 6. 2016. Měření byly hodnoty před vstupem do modelu filtru s aktivním uhlím a na odtoku z něho.

Odběr všech vzorků vody pro jejich následnou laboratorní analýzu prováděla oprávněná osoba provozovatele ÚV Hrdibořice.

Odebrané vzorky byly zpracovány v laboratoři provozovatele ÚV a v laboratoři KHS Olomouc.

Do následujících tabulek jsem provedla shrnutí naměřených hodnot pesticidních látek. Tabulky nevykazují kompletní záznam všech zkoušených pesticidních látek, vybrala jsem pouze ty, které byly zvýšené nebo překračovaly hodnoty dané vyhláškou 252/2004 Sb.

V tabulkách jsem opět vyznačila modře ty hodnoty, které jsou zvýšené a červeně ty hodnoty, které byly překročeny (překročily limit $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ pro jednotlivé pesticidní látky).

Tab. 7.2 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru s náplní AquaSorb 20000 ze dne 21. 4. 2016

Vybrané ukazatele	Jednotka	Před modelem	Za modelem
Atrazin	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Desetyltrazin metabolit	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Chloridazon	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Atrazine - hydroxy metab.	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Metazachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,140	<0,025
Alachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Acetochlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Pesticidní látky celkem	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,000	0,000

Jak je možno vidět v tabulce 7.2 hodnoty pesticidních látek měřené dne 24. 4. byly překročeny pouze u metazachloru ($0,14 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Ostatní pesticidní látky byly pod hodnotou $0,025 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Model filtru byl naplněn aktivním uhlím AquaSorb 2000. Hodnoty po filtraci byly všechny pod hodnotou $0,025 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Tab. 7.3 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru s náplní AquaSorb 20000 ze dne 27. 4. 2016

Vybrané ukazatele	Jednotka	Před modelem	Za modelem
Atrazin	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,027	<0,025
Desetyltrazin metabolit	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Chloridazon	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Atrazine - hydroxy metab.	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Metazachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,110	<0,025
Alachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Acetochlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Pesticidní látky celkem	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,027	0,000

Měřením 27. 4. bylo zaznamenáno dle tabulky 7.3 zvýšení hodnot atrazinu na $0,027 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, metazachlor byl překročen hodnotou $0,11 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ o $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ dle vyhlášky.

Koncentrace pesticidních látek po filtraci byly všechny sníženy či úplně odstraněny.

Tab. 7.4 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru s náplní Carbon AQ - 38 ze dne 16. 5.2016

Vybrané ukazatele	Jednotka	Před modelem	Za modelem
Atrazin	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Desetylatrazin metabolit	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Chloridazon	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Atrazine - hydroxy metab.	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Metazachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,110	<0,025
Alachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,099	<0,025
Acetochlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,036	0,029
Pesticidní látky celkem	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,036	0,029

Dle tabulky 7. 4 ze dne měření 16. 5. 2016 byla hodnota metazachloru ESA opět překročena o $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Zvýšené hodnoty byly u alachloru ($0,099 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) a u acetochloru ESA hodnota zvýšená na $0,036 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Množství acetochloru ESA se podařilo filtrací přes náplň aktivního uhlí snížit na $0,029 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, ovšem ne zcela odstranit.

Tab. 7.5 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru náplní Carbon AQ - 38 ze dne 7. 6.2016

Vybrané ukazatele	jednotka	Před modelem	Za modelem
Atrazin	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Desetylatrazin metabolit	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Chloridazon	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Atrazine - hydroxy metab.	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Metazachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,088	<0,025
Alachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,150	0,053
Acetochlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Pesticidní látky celkem	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,000	0,000

Tabulka 7.5 ze dne měření 7. 6. ukazuje, že hodnota $0,088 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ metazachloru ESA byla zvýšená a hodnota u alachloru $0,150 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byla překročena nad limitní hodnotu $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a ani po filtraci nebyl alachlor ESA zcela odstraněn. Hodnoty znečištění u ostatních pesticidních látek byly pod $0,025 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Tab. 7.6 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru náplní Carbon AQ - 38 ze dne 15. 6.2016

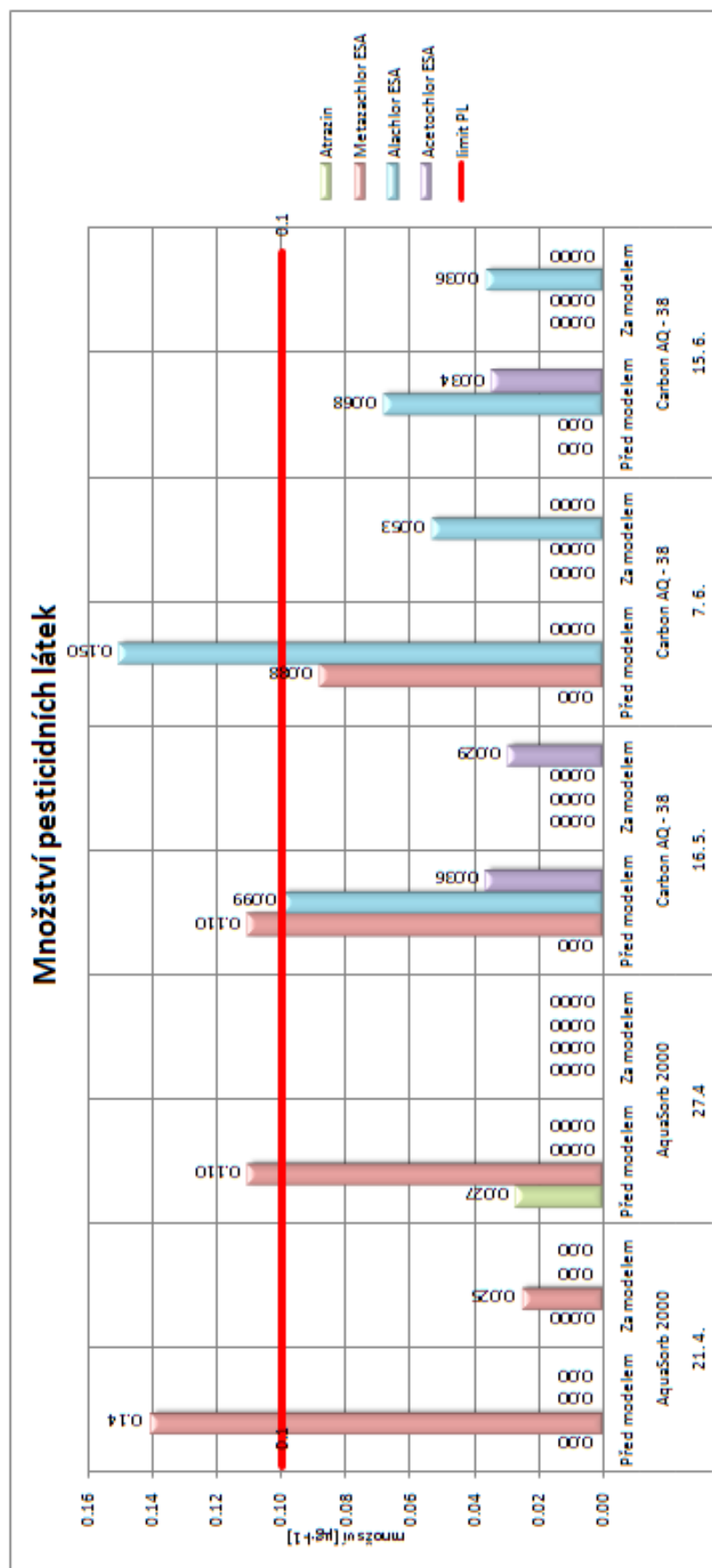
Vybrané ukazatele	jednotka	Před modelem	Za modelem
Atrazin	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Desetylatrazin metabolit	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Chloridazon	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Atrazine - hydroxy metab.	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Metazachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,025	<0,025
Alachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,068	0,036
Acetochlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,034	<0,025
Pesticidní látky celkem	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0,034	0,000

Měřením dne 15. 6. bylo zaznamenáno zvýšené hodnoty u alachloru $0,068 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, ani po filtraci nebyl alachlor ESA zcela odstraněn. Zvýšená byla i hodnota acetochloru ESA ($0,034 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Filtrací přes aktivní uhlí se podařilo metabolit acetochloru ESA výrazně snížit.

Na následujícím grafu můžeme vidět zaznačené množství pesticidních látek v jednotlivých měřeních. V grafu je znázorněno měření před modelem filtru a za ním. Je vidět, že zvýšené, či přesahující množství pesticidních látek ve vodě bylo filtrací přes aktivní uhlí sníženo nebo úplně odstraněno pod hranici limitu $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Podle výsledků z měření bylo zjištěno, že nejčastěji ve vodě byl nalezen metazachlor ESA, teda metabolit metazachloru. Metazachlor ESA se používá jako aplikační postřik na řepku ozimou. Jeho nejvyšší hodnoty dosahovaly $0,140 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a byly naměřeny dne 21. 4. 2015, filtrací přes aktivní uhlí byl odstraněn pod $0,025 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Další pesticidní látkou, která byla nalezena ve vyšších koncentracích je alachlor ESA, metabolit alachloru. Alachlor ESA byl nalezen při měření ve dnech 16. 5. 2015, 7. 6. 2015 a 15. 6. 2015, jeho použití je jako prostředek ochrany řepky a brambor. Alachlor ESA je v EU zakázán od roku 2006. Během měření se v největší koncentraci vyskytoval 7. 6. kde jeho hodnota $0,15 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ převyšovala limitní hodnotu $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Filtrací přes aktivní uhlí se podařilo snížit množství alachloru ESA na $0,036 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. V ostatních měřeních nebyla zaznamenána hodnota alachloru ESA převyšující limitní hodnotu.



Obr. 7.4 Množství jednotlivých pesticidních látek před a za modelem filtru typu I

7.2 POLOPROVOZNÍ ZKOUŠKY NA MODELU FILTRU TYPU II

Na potrubí odtoku vody z reakční nádrže č. 2 o dimenzi DN 300 byla k napojení přítoku na model filtru typu II s GAU náplní využita stávající navrtávka o dimenzi DN 50 s uzavíracím kohoutem.

Model otevřeného filtru o vnitřním průměru 0,50 m je vyroben z plastu. Jeho celková výška je 3,80 m. Model filtru tohoto typu je vyskládán ze čtyř částí - mezidnem s filtračními tryskami o výšce 0,30 m, dvěma přírubovými TP kusy DN 500 o délce 1,60 m a 1,70 m a odtokovým kusem s bezpečnostním přelivem o výšce 0,20 m. Výška filtrační GAU náplně je 1,40 m (dle výrobce GAU náplně doporučená doba kontaktu upravované vody s GAU náplní je 20 minut), výška vody nad filtrační náplní je 1,20 m.

Model filtru tohoto typu je vybaven 7 trubními odběry opatřenými 3/4“ kulovými uzávěry a T odbočkami pro napojení měřících tlakových čidel a PP hadičkami pro vizuální odečet tlakových poměrů v GAU náplni filtru v průběhu filtračního cyklu. Trubní odběry jsou osazeny ve svislých vzdálenostech po 20 cm od úrovně mezidna s tryskami a až po horní úroveň GAU náplně.

Model filtru byl umístěn hned vedle manipulační plošiny u pískového filtru č. 7 ve staré budově filtrů na ÚV Hrdibořice.

Na odtoku filtrované vody z modelu filtru byl osazen indukční průtokoměr pro kontinuální odečet proteklého množství filtrované vody.

Filtrovaná voda z modelu filtru byla PE hadicí DN 40 odváděna na kalovou lagunu č. 1.

Pro poloprovozní zkoušky modelu filtru typu II byla použita filtrační náplň:

- Filtrasorb TL830

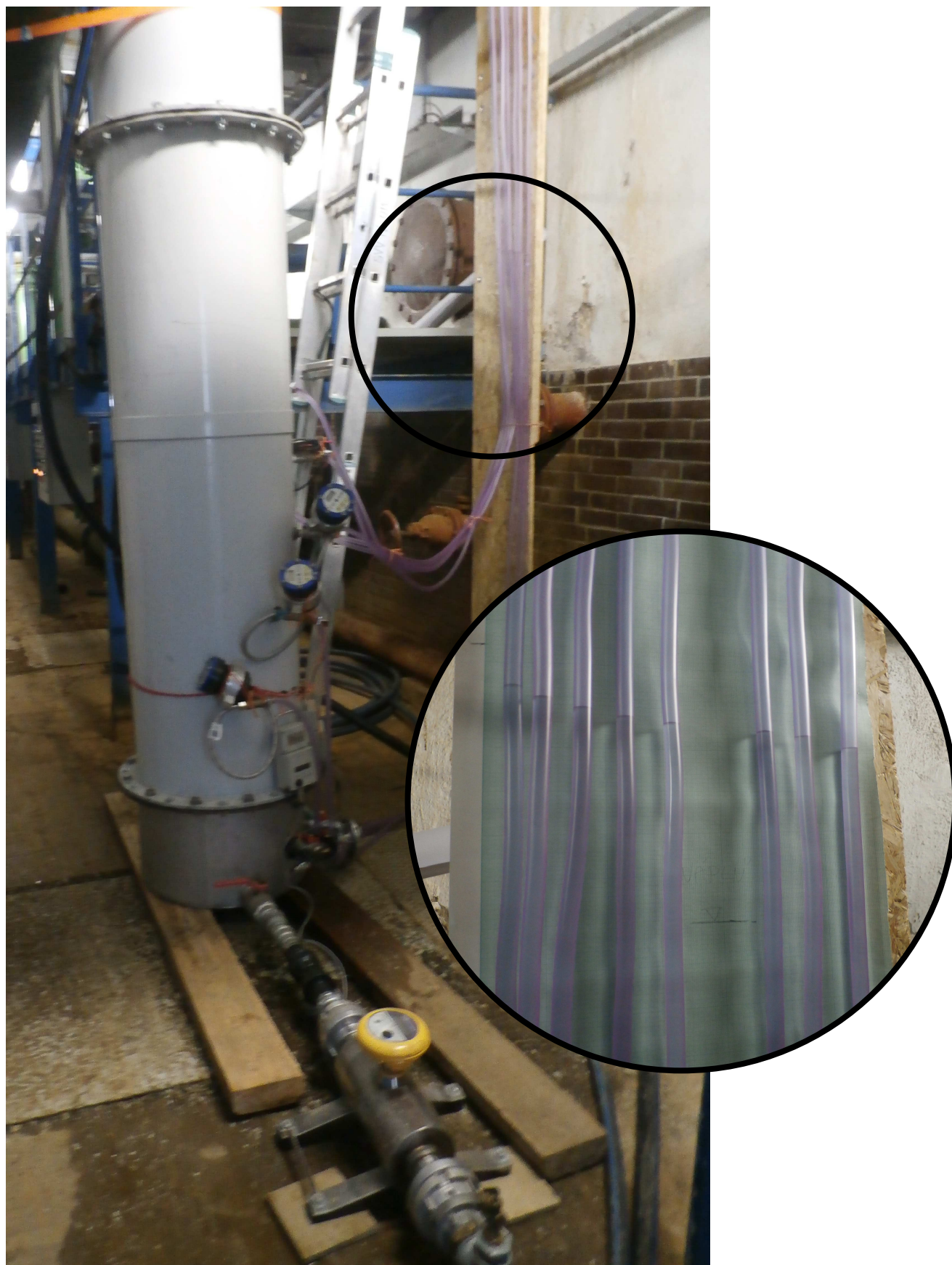
Regenerace GAU filtrační náplně byla prováděna pitnou vodou odebíranou přímo z rozvodu tlakové vody na ÚV Hrdibořice. Intenzita praní byla v souladu s doporučeními od výrobce dané filtrační náplně. Pro náplň byla doporučena intenzita praní $28 \text{ m}^3/\text{hod} \cdot \text{m}^2$.

V průběhu každého filtračního cyklu byl na modelu filtru typu II v pravidelných intervalech odečítán pokles úrovně tlaku ve filtrační náplni odměřením úrovně hladiny vody v jednotlivých PE hadičkách.

Současně byly evidovány hodnoty tlaku v jednotlivých tlakových čidlech, údaje byly přeneseny do grafů a porovnány s vizuálně odečtenými hodnotami na PE hadičkách.

Získané hodnoty poklesu tlaku byly vyneseny do grafů tlakových ztrát v čase a do Michauova tlakového diagramu, zobrazující zanášení filtrační náplně v čase.

První filtrační cyklus modelu filtru typu II byl zahájen 1. 12. 2016 a ukončen 12. 12. 2016. Druhý byl zahájen 12. 12. 2016 a ukončen 20. 12. 2016 a třetí filtrační cyklus byl zahájen 20. 12. 2016 a ukončen 28. 12. 2016.



Obr. 7.5 Model filtru typu II

7.2.1 Filtrační náplně

Jako filtrační náplň do modelu filtru typu II bylo použito jiné aktivní uhlí než bylo použito v případě poloprovozní zkoušky modelu filtru typu I. Použito bylo aktivní uhlí Filtrasorb TL380 od belgické společnosti Chemviron Carbon. Toto uhlí je doporučováno pro přímou filtraci, kdy voda natéká z reakční nádrže přímo na filtrační náplň z aktivního uhlí. Vlastnosti tohoto typu granulovaného aktivního uhlí jsou uvedeny v následující tabulce 8.3.1.

Tab. 7.7 Typické vlastnosti filtrační náplně Filtrasorb TL830

Ukazatel	Jednotka	Filtrasorb TL830
Hustota	kg/m ³	450
Methylenová modř	mg/g	245
Jodové číslo	mg/g	min 1000
Specifický povrch	m ² /g	1000
Účinná velikost částic	mm	1,4
Střední velikost částic	mm	1,4



Obr. 7.6 Vzorek uhlí Filtrasorb TL830

7.2.2 Návrh průtoků pro model filtru typu II

Dne 1. prosince 2016 byl na ÚV Hrdibořice uveden do provozu model otevřeného filtru s GAU filtrační náplní.

Byla použita GAU filtrační náplň Filtrasorb TL830.

Po naplnění modelu filtru GAU filtrační náplní byla provedena kompletace modelu včetně trubního propojení a bylo provedeno vyprání filtrační náplně pitnou vodou. Intenzita praní byla určena dle výrobce dané filtrační náplně pro 20% expanzi filtrační hmoty po dobu praní.

Byl proveden výpočet průtočného množství a filtrační rychlosti pro výšku filtrační náplně v modelu filtru typu II, která byla na základě doporučené doby kontaktu vody s GAU filtrační náplní (dle výrobce je minimální doba kontaktu 20 minut) určena hodnotou 1,40 m.

Vzorce pro výpočet byly použity stejné jako pro výpočet u poloprovozního modelu filtru typu I a to 7.1, 7.2, 7.3 a 7.4.

Výpočet:

d_{filtru} = průměr modelu filtru

$d_{filtru} = 0,50 \text{ m}$

$S_{filtru} = \pi \cdot d_{filtru}^2 / 4 = \pi \cdot 0,50^2 / 4 = 0,20 \text{ m}^2$

h_{GAU} = výška filtrační náplně

$h_{GAU} = 1,40 \text{ m}$

$V_{GAU} = h_{GAU} \cdot S_{filtru} = 1,40 \cdot 0,20 = 0,28 \text{ m}^3$

t ...doporučená doba kontaktu vody s filtrační náplní

$t = 20 \text{ min} = 0,33 \text{ hod}$

$Q = V_{GAU} / t_1 = 0,28 / 0,33 = 0,85 \text{ m}^3/\text{h} = 0,23 \text{ l/s}$

$v = Q / S_{filtru} = 0,85 / 0,20 = 4,25 \text{ m}^3/\text{h} = 1,18 \text{ l/s}$

7.2.3 Měření pesticidních látek a poklesu tlaku ve filtrační náplni

V průběhu filtračního cyklu každé poloprovozní zkoušky byl průběžně v osmi výškových úrovních filtrační náplně odečítán pokles tlaku vizuálně na PE hadičkách. Současně byl měřen tlak v šesti výškových úrovních filtrační náplně tlakovými čidly.

U modelu filtru typu II byly provedeny dva odběry vody pro laboratorní analýzu na pesticidní látky 7. 12. 2016.

Jeden odběr vzorku vody byl proveden přímo z nátoku na model filtru, druhý pak na odtoku filtrované vody z modelu filtru.

Odběry vzorků vody pro jejich následnou laboratorní analýzu prováděla oprávněná osoba provozovatele ÚV.

Odebrané vzorky byly zpracovány v laboratoři provozovatele a v laboratoři KHS Olomouc.

Do následujících tabulek jsem provedla shrnutí naměřených hodnot pesticidních látek. Tabulky nevykazují kompletní záznam všech zkoušených pesticidních látek, vybrala jsem pouze ty, které byly zvýšené nebo překračovaly hodnoty dané vyhláškou 252/2004 Sb.

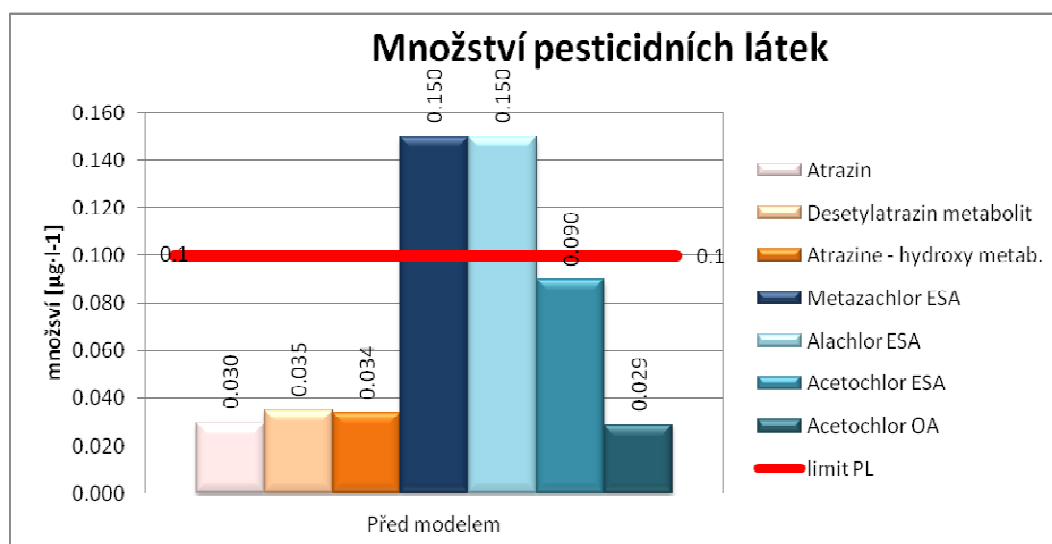
V tabulkách jsem opět vyznačila modře ty hodnoty, které jsou zvýšené a červeně ty hodnoty, které byly překročeny (překročily limit $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ pro jednotlivé pesticidní látky).

Tab. 7.8 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru s náplní Filtrasorb TL380 ze dne 7. 12. 2016

<i>Vybrané ukazatele</i>	<i>jednotka</i>	<i>Před modelem</i>	<i>Za modelem</i>
Atrazin	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0.030	<0.025
Desetylatrazin metabolit	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0.035	<0.025
Atrazine - hydroxy metab.	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0.034	<0.025
Metazachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0.150	<0.025
Alachlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0.150	<0.025
Acetochlor ESA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0.090	<0.025
Acetochlor OA	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0.029	<0.025
Pesticidní látky celkem	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	0.180	0.000

Do tabulky 7.8 jsem vybrala všechny pesticidní látky, které byly zvýšeny nebo překročily limit pro koncentraci pesticidních látek ve vodě. Nejvyšší koncentrace $0,150 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byla naměřená u metazachloru ESA a alachloru ESA, tato koncentrace překročila limit $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, ostatní koncentrace byly zvýšeny, ale nepřekročily limit. Celková koncentrace pesticidních látek $0,18 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ nepřekročila limitní hodnotu $0,50 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Pro lepší znázornění jsou hodnoty pesticidních látek vyneseny do následujícího grafu.



Obr. 7.7 Množství jednotlivých pesticidních látek před modelem filtru II

Do grafu 7.7 jsem neoznačila množství pesticidních látek vyhodnocených za filtrem, protože v žádném hodnoceném pesticidním prvku nepřekročil hodnotu $0,025 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Regenerace filtrační náplně byla provedena 12. 12. 2016 v dopoledních hodinách, prováděna byla ve dvou fázích – praní jen vzduchem a potom praní jen vodou. Zdrojem vzduchu byl kompresor o výkonu cca 8,0 m³/hod a tlaku cca 0,50 barů. Ve druhé fázi probíhalo praní filtru pouze vodou při průtoku 1,80 l/s. Zdrojem prací vody byl rozvod tlakové vody na ÚV Hrdibořice. Regenerace filtru trvala cca 45 minut (10 minut vzduch + 35 minut voda).

Po regeneraci filtrační náplně byl model filtru typu II opět uveden do provozu.

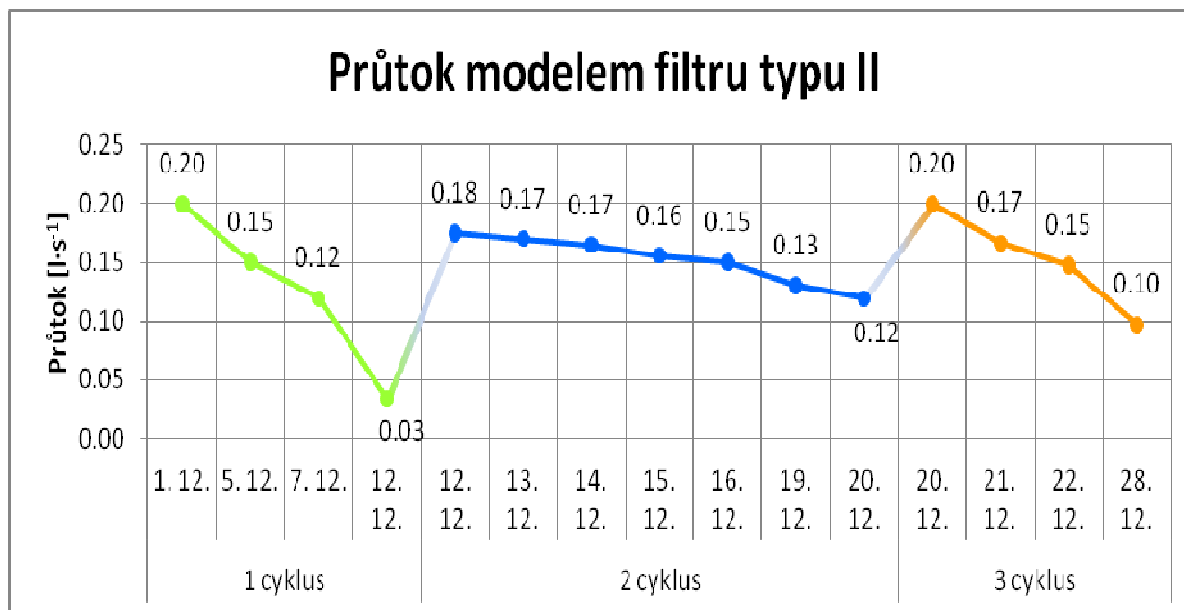
Celkem byly provedeny tři filtrační cykly poloprovozních zkoušek na modelu filtru typu II.

Do následující tabulky jsem zaznamenala naměřené průtoky vody v období 1. 12. – 28. 12. v průběhu poloprovozních zkoušek u modelu filtru typu II. Dále bylo evidováno celkové množství vody proteklé modelem filtru typu II.

Tab. 7.9 Naměřené průtoky a množství vody po GAU filtraci

	Průtok		Proteklé množství vody filtrem	
	Datum	l/s	m³	l
1 cyklus	1. 12.	0.20	0	0
	5. 12.	0.15	57	57 130
	7. 12.	0.12	81	80 919
	12. 12.	0.03	97	97 176
2 cyklus	12. 12.	0.18	97	97 176
	13. 12.	0.17	97	97 176
	14. 12.	0.17	113	112 896
	15. 12.	0.16	126	126 170
	16. 12.	0.15	141	140 690
	19. 12.	0.13	154	153 860
	20. 12.	0.12	191	190 510
3 cyklus	20. 12.	0.20	191	190 510
	21. 12.	0.17	215	215 430
	22. 12.	0.15	230	229 598
	28. 12.	0.10	299	299 020

Pro lepší znázornění jsem naměřené hodnoty vynesla do následujícího grafu, který můžeme vidět na obrázku 7. 9.



Obr. 7.8 Průtok modelem filtru s GAU náplní typu II v jednotlivých cyklech

Na obrázku 7.8 je zobrazen pokles průtočného množství filtrované vody v čase. Na začátku prvního filtračního cyklu (1. 12. 2016) byl nastaven průtok na hodnotě $0,20 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Průtočné množství filtrem klesalo téměř lineárně až k hodnotě $0,03 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, kdy byl model po 12-ti dnech odstaven z provozu.

V období od 12. 12. do 20. 12. průtočná rychlost na odtoku za modelem filtru klesala každý den zhruba o jednu desetinu. Filtr byl vyprán po 5 dnech, tedy 20. 12. při průtoku $0,12 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

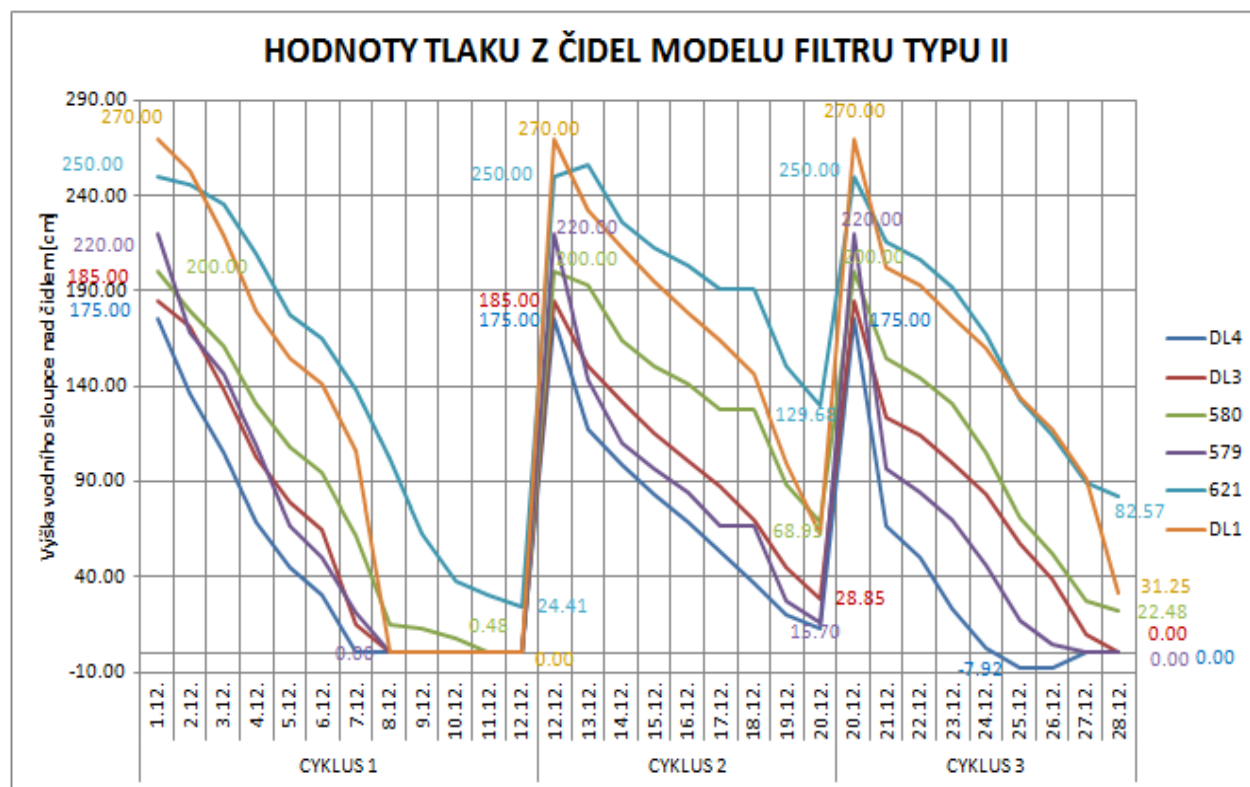
V posledním vyznačeném období od 20. 12. do 28. 12. průtočná rychlost klesala až k hodnotě $0,10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, kdy byl filtr opět vyprán.

Jako optimální doba filtrace typu II se jeví dle výše zobrazených grafů doba okolo 4 až 5-ti dnů provozu, kdy průtok filtrem na konci filtračního cyklu je na 50% hodnotě svého maxima.

V následující tabulce jsou zaznamenány hodnoty z tlakových čidel instalovaných v 6 výškových úrovních modelu typu II. Umístění tlakových čidel můžeme vidět ve výkresu č. 2. Čidla zaznamenávaly hodnotu tlaku v různých intervalech. Některá čidla po 5 minutách, některá po 1 minutě. Hodnoty v tabulce jsou zpracovány jako průměrná hodnota tlaku během každého dne provozu modelu II. Tabulka 7.10 je dále zpracována pro lepší znázornění do grafu 7.9.

Tab. 7.10 Hodnoty tlaku výšky vodního sloupce nad tlakovými čidly modelu II

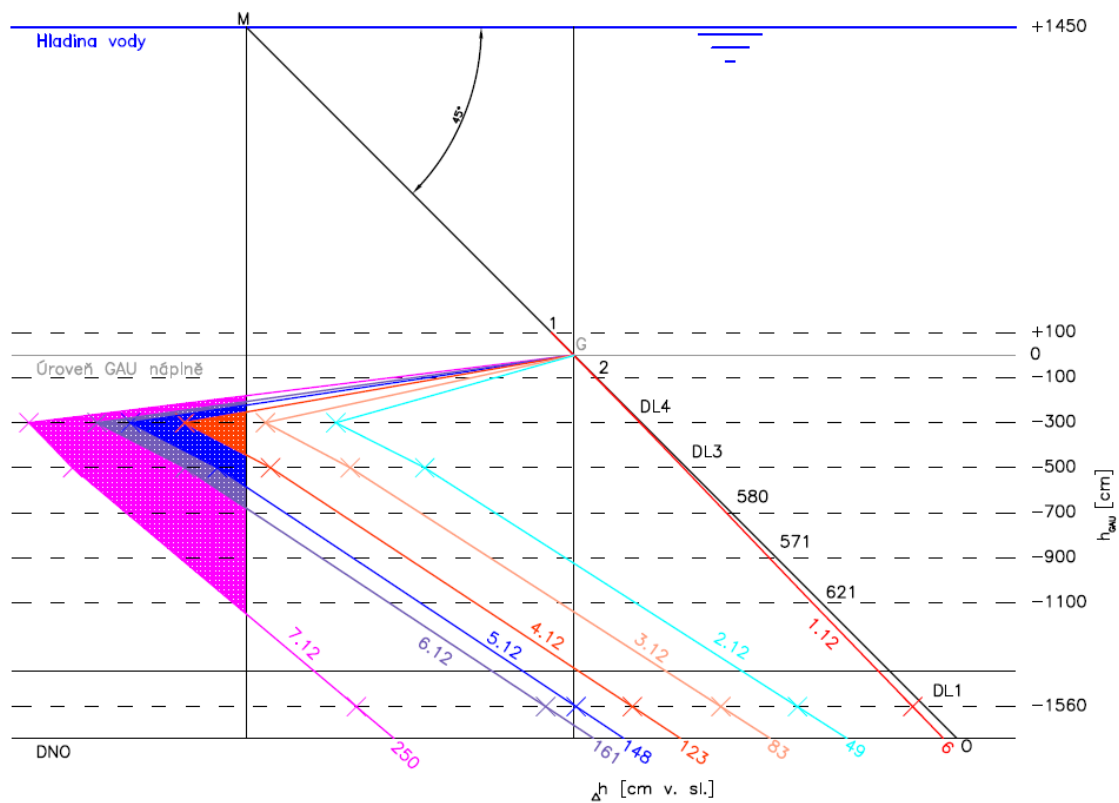
		ČIDLO					
		DL4	DL3	580	579	621	DL1
CYKLUS 1	1.12.	175.00	185.00	200.00	220.00	250.00	270.00
	2.12.	136.25	171.04	179.68	167.85	245.98	253.23
	3.12.	105.00	138.02	160.61	146.49	234.99	219.27
	4.12.	69.17	102.60	130.99	108.65	209.36	180.00
	5.12.	45.10	78.96	108.52	66.53	177.01	155.10
	6.12.	30.31	64.69	94.37	50.05	165.41	141.46
	7.12.	0.00	14.69	61.40	20.75	137.94	105.96
	8.12.	0.00	0.00	15.09	0.00	101.93	0.00
	9.12.	0.00	0.00	12.92	0.00	62.26	0.00
	10.12.	0.00	0.00	7.36	0.00	37.84	0.00
	11.12.	0.00	0.00	0.48	0.00	30.52	0.00
	12.12.	0.00	0.00	0.00	0.00	24.41	0.00
CYKLUS 2	12.12.	175.00	185.00	200.00	220.00	250.00	270.00
	13.12.	117.60	150.26	192.89	143.75	256.32	232.81
	14.12.	98.39	131.46	163.92	110.22	226.59	212.55
	15.12.	83.23	115.78	150.36	96.62	212.80	195.16
	16.12.	68.85	101.25	141.10	84.19	203.73	179.01
	17.12.	53.70	86.98	127.63	66.56	190.48	163.49
	18.12.	36.61	70.05	127.63	66.56	190.48	146.67
	19.12.	20.10	44.69	88.37	27.34	151.06	100.10
	20.12.	13.13	28.85	68.95	15.70	129.68	62.92
CYKLUS 3	20.12.	175.00	185.00	200.00	220.00	250.00	270.00
	21.12.	66.56	123.23	154.46	96.58	216.02	202.40
	22.12.	49.90	113.85	144.70	84.67	206.16	193.02
	23.12.	22.81	100.31	130.83	69.71	192.33	176.88
	24.12.	2.08	83.13	105.37	45.59	166.87	160.00
	25.12.	-7.92	57.29	71.01	16.96	132.61	134.27
	26.12.	-8.13	39.06	52.51	4.76	113.84	116.98
	27.12.	0.00	9.38	27.59	0.00	89.15	91.15
	28.12.	0.00	0.00	22.48	0.00	82.57	31.25



Obr. 7.9 Hodnoty tlaku zaznamenané tlakovými čidly modelu filtru II v jednotlivých cyklech

Do grafu 7.9 jsou zobrazeny hodnoty tlaku maxim a minim, které tlaková čidla zaznamenaly. Můžeme z něj vyčíst, že hodnoty tlaku klesaly téměř lineárně. Hodnoty, které se blíží nule nebo jsou nulové, značí období, kdy model filtru s GAU náplní byl v podtlaku, což je nežádoucí stav. Jak jsem již psala výše optimální doba regenerace je tedy zhruba po 5 dnech provozu filtru.

Z důvodu upřesnění navrhovaných prací cyklů jsme zpracovala z hodnot naměřených tlakovými čidly Michauovi grafy, obrázek (7.10). Od hladiny vody M v modelu filtru typu II byla vynesena čára pod úhlem 45° , úhel pod kterým se ve vodě šíří tlak, až ke dnu modelu O. Tato čára charakterizuje hydrostatickou výšku MGO. Dále byly vyneseny čáry z úrovní tlakových čidel a úrovně GAU náplně. Ztrátová výška vypočtená jako rozdíl úrovně hladiny vody nad GAU náplní a hodnoty tlaku naměřené tlakovými čidly byla vynesena od hydrostatické výšky v úrovni každého čidla. Průběh filtrace je znázorněn barevnými křivkami. V průběhu filtrace se tvar křivky stále více zakřivuje v horní vrstvě filtrační náplně, v dolní vrstvě zůstává však téměř rovnoběžný s čarou na počátku filtrace. To znamená, že v dolní vrstvě se částice zachycují nepatrně. Tlak v horní úrovni filtrační náplně dosáhl již po 3 dnech filtrace podtlaku (šrafovaná část grafu), což je negativní jev, kdy může dojít k odsání nevyfiltrované vody. Z tohoto grafu je patrné, že regenerace filtrační náplně by měl nastat již po 3 dnech provozu filtru.[21]



Obr. 7.10 Zobrazení ztrátové výšky podle Michaua

8 NÁVRH NA ODSTRANĚNÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK NA ÚV HRDIBOŘICE

Z dispozičního řešení ÚV Hrdibořice vyplývají následující varianty řešení na odstranění pesticidních látek z vody.

Ve variantách A i B se uvažuje s nově vybudovanou budovou filtrů. U obou těchto variant by voda (voda po filtraci ze stávajících pískových filtrů na ÚV Hrdibořice) na nově navrhované filtry s GAU filtrační náplní byla přečerpávána odstředivými čerpadly.

Rozdíl mezi oběma variantami je v použití typu filtrace. U varianty A je navržena filtrace přes tlakové filtry z oceli, u varianty B se jedná o otevřené rychlofiltry ze železobetonu. Poloprovozní zkoušky byly pro tyto varianty provedeny na modelu filtru typu I.



Obr. 8.1 Uvažované místo pro novou budovu filtrace s GAU filtrační náplní pro variantu A i B

Ve variantě C je uvažováno s rekonstrukcí stávajících pískových filtrů s mezidnem na filtry s drenážním systémem bez mezidna.

Poloprovozní zkoušky byly pro tuto variantu provedeny na modelu filtru typu II.

8.1 VARIANTA A

Ve variantě A je uvažováno s tlakovými filtry z nerez oceli s GAU filtrační náplní. Voda odtékající z pískových filtrů na úpravě vody (stará i nová budova ÚV Hrdibořice) by gravitačně přitékala do vyrovnávací nádrže, která by plnila funkci sací jímky pro odstředivá čerpadla, kterými bude voda přečerpávána na tlakové filtry s GAU filtrační náplní. Voda po filtraci přes GAU filtrační náplň bude pod provozním tlakem čerpadel odtékat samostatným potrubím DN 400 před armaturní šachtu, kde bude potrubí propojeno se stávajícím potrubím filtrované vody.

Diplomová práce

Okrajovými podmínkami pro výpočet parametrů tlakové filtrace s GAU filtrační náplní byl maximální výkon úpravny vody Hrdibořice a doba kontaktu vody s GAU filtrační náplní v tlakovém filtru.

ÚV Hrdibořice má maximální výkon stanoven na 90 l/s, doba kontaktu vody s granulovaným aktivním uhlím pro snížení nebo úplné odstranění pesticidů z vody je 10 až 15 minut.

Na základě stanovených hodnot jsem provedla následující návrh:

Zadaná hodnota:

$$Q_{max} = 90,0 \quad l/s = 324,00 \quad m^3/h$$

Výpočet návrhu filtru jsem provedla obdobě jako při výpočtu Q_n u modelu filtru. Použité byly rovnice 7.1, 7.2, 7.3 a 7.4.

Výpočet průtoku na jeden filtr při zapojení všech filtrů:

n ...počet filtrů (voleno)

$$n = 8 \text{ filtrů}$$

$$Q_{1filtr} = Q_{max} / n = 324,00 / 8 = \underline{40,50 \text{ m}^3/h}$$

Výpočet plochy 1 filtru:

d = průměr filtru (voleno)

$$d = 3 \text{ m}$$

$$S_{1filtru} = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 3^2 / 4 = \underline{7,07 \text{ m}^2}$$

Výpočet objemu filtrační náplně dle doby zdržení:

t = minimální doba kontaktu vody s filtrační náplní (dle doporučení)

$$t_{min} = 10 \text{ min}$$

$$t = t / 60 = 10 / 60 = \underline{0,166 \text{ hod}}$$

$$V_{GAU} = Q_{max} \cdot t = 324,00 \cdot 0,166 = \underline{54,00 \text{ m}^3}$$

Výpočet objemu filtrační náplně na 1 filtr a výšky náplně:

$$V_{GAU(1filtr)} = V_{GAU} / n = 54,00 / 8 = \underline{6,75 \text{ m}^3}$$

$$h_{GAU} = V_{GAU(1filtr)} / S_{1filtr} = 6,75 / 7,07 = \underline{0,95 \text{ m}}$$

Diplomová práce

Navrhuji výšku filtrační náplně 1,0 m

$$h_{GAUskutečné} = 1,0 \text{ m}$$

$$V_{GAUskutečné} = S_{lfiltru} \cdot h_{GAUskutečná} = 7,07 \cdot 1,0 = \underline{7,07 \text{ m}^3}$$

$$V_{celkové} = V_{GAUskutečné} \cdot n = 7,07 \cdot 8 = \underline{56,56 \text{ m}^3}$$

**Výpočet doby zdržení při uvážení zapojení pouze 6 filtrů:
(dva filtry jsou mimo provozu)***n... počet zapojených filtrů*

$$n = 6$$

$$t = V_{GAU} \cdot n / Q_{\max} = 7,07 \cdot 6 / 324,00 = \underline{0,13 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$t = t \cdot 60 = 0,13 \cdot 60 = \underline{7,85 \text{ min}}$$

$$t > t_{\min} \rightarrow 7,85 < 10 \text{ min nesplněna podmínka doby zdržení}$$

Navrhuji výšku filtrační náplně 1,30 m

$$h_{GAUskutečné} = 1,30 \text{ m}$$

$$V_{GAUskutečné} = S_{lfiltru} \cdot h_{GAUskutečná} = 7,07 \cdot 1,30 = \underline{9,19 \text{ m}^3}$$

$$V_{celkové} = V_{GAUskutečné} \cdot n = 9,19 \cdot 6 = \underline{55,13 \text{ m}^3}$$

n... počet zapojených filtrů

$$n = 6$$

$$t = V_{GAU} \cdot n / Q_{\max} = 9,19 \cdot 6 / 324,00 = 0,17 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t = t \cdot 60 = 0,17 \cdot 60 = \underline{10,21 \text{ min}}$$

$$t > t_{\min} \rightarrow 10,21 > 10 \text{ min splněna podmínka doby zdržení}$$

Kontrola, že navržený objem filtrační náplně není menší než potřebný objem:

$$V_{celk.(\text{kontrola})} > V_{GAU} = 55,13 > 54,000 \text{ m}^3$$

Celkový objem GAU náplně:

$$V_{GAU \text{ celkové}} = V_{GAU} \cdot n = 9,19 \cdot 8 = \underline{73,52 \text{ m}^3}$$

Výpočet filtrační rychlosti:

$$v_n = Q_{lfiltru} / S_{lfiltru} = 40,50 / 7,07 = 5,73 \text{ m/hod} = \underline{1,59 \text{ l/s}}$$

Normální provozní stav:

- 8 ks tlakových filtrů v provozu
- max. výkon úpravny je 90 l/s
- doba kontaktu vody s filtrační náplní je 10 minut

Havarijní provozní stav:

- 6 ks tlakových filtrů v provozu (jeden filtr mimo provoz, na druhém probíhá regenerace filtrační náplně)
- max. výkon úpravy je 90 l/s
- doba kontaktu vody s filtrační náplní je 10 minut

Rovněž jsem provedla výpočet trubního vedení situovaného mezi stávající budovou filtrů a novou budovou filtrace a také návrh dimenze společného výtlačného potrubí v úseku mezi odstředivými čerpadly a tlakovými filtry s GAU filtrační náplní.

Návrh potrubí jsem počítala na základě doporučených rychlostí proudění vody v potrubí.

Použité vzorce jsou 7.1 a 7.4, uvedené v kapitole 7.

Tab. 8.1 Návrh dimenze trubního vybavení tlakového filtru varianty A

<i>Potrubí filtru</i>	i_{vo} ($m^3/h \cdot m^2$)	S_{1filtr} (m^2)	Q (m^3/hod)	v (m/s)	S (m^2)	d (m)	DN (mm)	v_{sk} (m/s)
1. Přítok gravitační	28.00	7.07	324.0	0.8	0.11	0.38	400	0.72
2. Výtlač na filtry (8)				1.5	0.06	0.28	300	1.27
3. Výtlač na filtr (1)			54.00	1.5	0.01	0.11	150	0.85
4. Odvod filtr. vody				1.2	0.01	0.13	150	0.85
5. Zafiltrování				1.2	0.01	0.13	150	0.85
6. Přívod prací vody			197.92	3.0	0.02	0.15	150	3.11
7. Odvod prací vody				3.0	0.02	0.15	150	3.11

Pro regeneraci tlakových filtrů s GAU filtrační náplní jsem zvolila praní pouze vodou. Dle výrobce aktivního uhlí (Carbon AQ-38 i AquaSorb 2000) bylo doporučeno prát ve dvou intenzitách a to 5,0 $m^3/h \cdot m^2$ po dobu 5 minut a 28,0 $m^3/h \cdot m^2$ po dobu 15 minut.

Regenerace filtrační náplně dle informací od dodavatele GAU filtrační náplně se předpokládá 1x za měsíc.

Výpočet spotřeby prací vody:

$$V_{RV} = S_{1filtr} \cdot i_{vo} \cdot t, \text{ kde} \quad (8.1)$$

$V_{RV} \dots$ objem regenerační vody na 1 filtr [m^3],

$S_{1filtr} \dots$ plocha 1 filtru [m^2],

$i_{vo} \dots$ prací intenzita [$m^3/h \cdot m^2$],

$t \dots$ potřebný čas [hod].

Návrh potřebného množství prací vody pro 1. intenzitu praní:

$$S_{1filtru} = 7,07 \text{ m}^2$$

$i_{vo} \dots$ intenzita prací vody (dle doporučení)

$$i_{vo} = 5,00 \text{ m}^3/h \cdot m^2$$

$t \dots$ doporučená délka praní

Diplomová práce

$$t = 5 \text{ min} = 5 / 60 = 0,08 \text{ hod}$$

$$Q_{\text{prací}(5\text{min})} = S_{\text{filtru}} \cdot i_{\text{vo}} = 7,07 \cdot 5,00 = \underline{35,34 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{\text{VR}(5 \text{ minut})} = Q_{\text{prací}} \cdot t = 35,34 \cdot 0,08 = \underline{2,95 \text{ m}^3}$$

Návrh potřebného množství prací vody pro 2. intenzitu praní:

$$S_{\text{filtru}} = 7,07 \text{ m}^2$$

 i_{vo} ... intenzita prací vody (dle doporučení)

$$i_{\text{vo}} = 28,00 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$$

 t ... doporučená délka praní

$$t = 15 \text{ min} = 15 / 60 = 0,25 \text{ hod}$$

$$Q_{\text{prací}(15\text{min})} = S_{\text{filtru}} \cdot i_{\text{vo}} = 7,07 \cdot 28,00 = \underline{197,92 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{\text{VR}(15 \text{ minut})} = Q_{\text{prací}} \cdot t = 197,92 \cdot 0,25 = \underline{49,48 \text{ m}^3}$$

$$\text{Celková potřeba vody na 1 filtr} = V_{\text{VR}(5\text{min})} + V_{\text{VR}(15\text{min})}$$

$$\text{Celková potřeba vody na 1 filtr} = 2,95 \text{ m}^3 + 49,48 \text{ m}^3 = \underline{52,43 \text{ m}^3}$$

$$\text{Celková potřeba vody na praní filtrů} = \text{Celková spotřeba vody na 1 filtr} \cdot n$$

$$\text{Celková potřeba vody na praní filtrů} = 52,43 \cdot 8 = \underline{419,40 \text{ m}^3}$$

Návrh vyrovnávací nádrže

$$V_{\text{VN}} = \text{Celková potřeba vody na praní 1 filtru} + (85\% Q_{\text{max}} \cdot 20 \text{ minut} / n) \cdot (n-1)$$

$$V_{\text{VN}} = 52,43 + 0,85 \cdot (5,40 \cdot 20 / 8) \cdot 7 = 132,75 \text{ m}^3$$

 a, b ... navrhované půdorysné rozměry, h ... výška vody (dopočítáno)

$$a = 8,00 \text{ m}$$

$$b = 5,60 \text{ m}$$

$$h = 2,96 \text{ m}$$

 h ... výška vody (navržená)

$$h = 3,00 \text{ m}$$

$$V_{\text{návrhový}} = a \cdot b \cdot h = 8,00 \cdot 5,60 \cdot 3,00 = \underline{134,40 \text{ m}^3}$$

 h_c ... celková výška vyrovnávací nádrže (navržená)

$$h = 3,30 \text{ m}$$

$$V_{\text{celkový}} = a \cdot b \cdot h_c = 8,00 \cdot 5,60 \cdot 3,30 = \underline{147,84 \text{ m}^3}$$

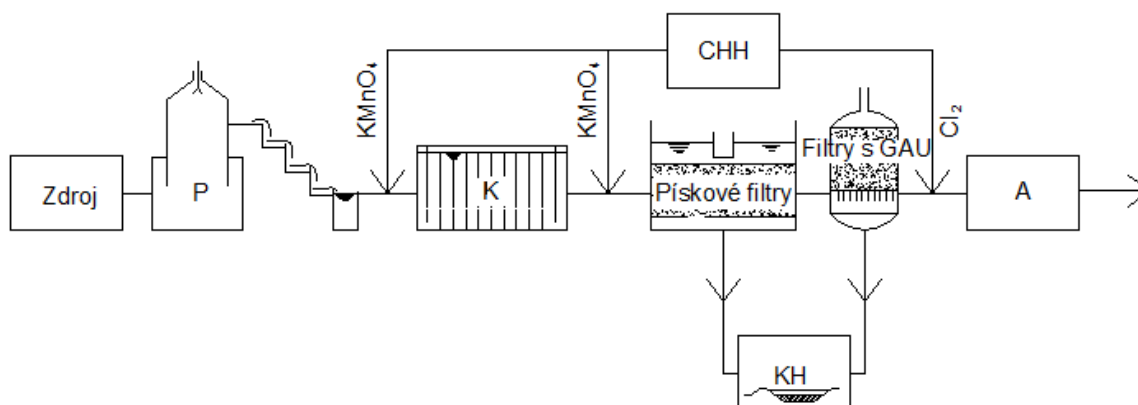
Vyrovňovací nádrž bude o velikosti 8,00 x 5,60 x 3,30 m, s hloubkou vody 3,0 m. Objem vyrovňovací nádrže je dimenzován jako akumulace vody pro praní 1 filtru při současném provozu zbývajících 7 tlakových filtrů. Je uvažováno po dobu praní se snížením produkce pitné vody na 85 % z maximálního výkonu.

Vedle vyrovňovací nádrže budou osazena čtyři odstředivá čerpadla s frekvenčními měniči – tj. dvě pro čerpání vody na tlakové filtry s GAU filtrační náplní a dvě čerpadla na regeneraci filtrační náplně.

Z vyrovňovací nádrže bude voda přitékající z pískových filtrů na ÚV přečerpávána na osm tlakových filtrů s GAU filtrační náplní o vnitřním průměru 3,0 m a s celkovou výškou tlakového filtru 3,50 m. Ve spodní části tlakového filtru o výšce cca 0,60 m je osazeno mezidno s filtračními tryskami, filtrační GAU náplň bude mít výšku okolo 1,30 m, výška vody nad filtrační náplní bude 1,0 m.

Společný výtlačný řad na tlakové filtry bude v dimenzi DN 300 a dále se rozvětví k jednotlivým tlakovým filtrům potrubím DN 150. Každý tlakový filtr bude dále vybaven odtokem filtrované vody DN 150, vypouštěcím potrubím DN 100, zafiltrovacím potrubím DN 150, potrubím prací vody DN 150 a potrubím na odtok prací vody DN 150. Všechna trubní vedení budou z nerez oceli 1.4301, uzavírací armatury budou s el. pohonem.

Vzhledem k dispozičnímu řešení stávajících budov ÚV Hrdibořice není možné takové množství filtrů umístit ve stávající budově ÚV Hrdibořice. Proto je nutné počítat s přístavbou nové budovy filtrů v oploceném areálu ÚV Hrdibořice.



P – provzdušnění, K – koagulace v reakční nádrži, CHH – chemické hospodářství, KH – kalové hospodářství, A – akumulace pitné vody

Obr. 8.2 Technologické schéma budoucího provozu ÚV Hrdibořice pro variantu A

8.2 VARIANTA B

Ve variantě B jsem uvažovala s otevřenými rychlofiltry s GAU filtrační náplní, které by byly umístěny také v nové budově filtrace.

Voda odtékající ze stávajících pískových filtrů na ÚV by gravitačně přitékala samostatným potrubím DN 400 do vyrovnávací nádrže, situované v nové budově filtrů. Následně by se tato voda přečerpávala na nové otevřené rychlofiltry s drenážním systémem a s GAU filtrační náplní. Voda po filtraci přes GAU filtrační náplň by potom gravitačně natékala do stávající akumulace na ÚV Hrdibořice.

Zadaná hodnota:

$$Q_{\max.} = 90.0 \text{ l/s} = 324,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Výpočet průtoku na jeden filtr při zapojení všech filtrů:

n ...počet filtrů (voleno)

$$n = 5 \text{ filtrů}$$

$$Q_{\text{filtr}} = Q_{\max.} / n = 324,00 / 5 = \underline{64,80 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Výpočet plochy 1 filtru:

a, b = půdorysné rozměry (voleno)

$$a = 3,00 \text{ m}, b = 4,00 \text{ m}$$

$$S_{\text{filtru}} = a \cdot b = 3,00 \cdot 4,00 = \underline{12,00 \text{ m}^2}$$

Výpočet objemu filtrační náplně dle doby zdržení:

t = minimální doba kontaktu vody s filtrační náplní (dle doporučení)

$$t_{\min} = 10 \text{ min}$$

$$t = t / 60 = 10 / 60 = \underline{0,166 \text{ hod}}$$

$$V_{\text{GAU}} = Q_{\max.} \cdot t = 324,00 \cdot 0,166 = \underline{54,00 \text{ m}^3}$$

Výpočet objemu filtrační náplně na 1 filtr a výšky náplně:

$$V_{\text{GAU-1filtr}} = V_{\text{GAU}} / n = 54,000 / 5 = \underline{10,80 \text{ m}^3}$$

$$h_{\text{GAU}} = V_{\text{GAU-1filtr}} / S_{\text{filtru}} = 10,80 / 12,00 = \underline{0,90 \text{ m}}$$

Navrhuji výšku filtrační náplně 1,00 m

$$h_{GAU\text{skutečné}} = 1,00 \text{ m}$$

$$V_{GAU\text{skutečné}} = S_{\text{filtru}} \cdot h_{GAU\text{skutečná}} = 12,00 \cdot 1,00 = \underline{12,00 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{celkové}} = V_{GAU\text{skutečné}} \cdot n = 12,00 \cdot 5 = \underline{60,00 \text{ m}^3}$$

Výpočet doby zdržení při provozu 4 filtrů:**(jeden filtr prán nebo vyřazen z provozu)***n... počet filtrů v provozu*

$$n = 4$$

$$t = V_{GAU} \cdot n / Q_{\text{max}} = 12,00 \cdot 4 / 324,00 = 0,15 \text{ m}^3/\text{h} = \underline{9,00 \text{ min}}$$

$$t > t_{\text{min}} \rightarrow 9,00 < 10 \text{ min nesplněna podmínky doby zdržení}$$

Navrhuji výšku filtrační náplně 1,20 m

$$h_{GAU\text{skutečné}} = 1,20 \text{ m}$$

$$V_{GAU\text{skutečné}} = S_{\text{filtru}} \cdot h_{GAU\text{skutečná}} = 12,00 \cdot 1,20 = \underline{14,40 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{celkové}} = V_{GAU\text{skutečné}} \cdot n = 14,40 \cdot 4 = \underline{57,60 \text{ m}^3}$$

n... počet filtrů v provozu

$$n = 4$$

$$t = V_{GAU} \cdot n / Q_{\text{max}} = 14,40 \cdot 4 / 324,00 = 0,18 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t = t \cdot 60 = 0,18 \cdot 60 = 10,67 \text{ min}$$

$$t > t_{\text{min}} \rightarrow 10,67 > 10 \text{ min splněna podmínky doby zdržení}$$

Kontrola, že navržený objem filtrační náplně není menší než potřebný objem:

$$V_{\text{celk. (kontrola)}} > V_{GAU} = 57,60 > 54,000 \text{ m}^3$$

Celkový objem GAU náplně:

$$V_{GAU\text{ celkové}} = V_{GAU} \cdot n = 14,40 \cdot 5 = \underline{72,00 \text{ m}^3}$$

Výpočet filtrační rychlosti:

$$v_n = Q_{\text{filtru}} / S_{\text{filtru}} = 64,80 / 12,00 = 5,40 \text{ m/hod}$$

Diplomová práce

Normální provozní stav:

- 5 ks otevřených filtrů v provozu
- max. výkon úpravy je 90 l/s
- doba kontaktu vody s filtrační náplní je 10 minut

Havarijní provozní stav:

- 4 ks otevřených filtrů v provozu (na jednom filtru probíhá regenerace filtrační náplně)
- max. výkon úpravy je 90 l/s
- doba kontaktu vody s filtrační náplní je 10 minut

Rovněž jsem provedla výpočet trubního vedení situovaného mezi stávající budovou filtrů a novou budovou filtrace a také návrh dimenze společného výtlačného potrubí z vyrovnávací nádrže na otevřené filtry s GAU filtrační náplní a ostatní trubní vedení.

Návrh potrubí jsem počítala na základě doporučených rychlostí proudění vody v potrubí.

Použité vzorce jsou 7.1 a 7.4 použité v kapitole 7.

Tab. 8.2 Návrh dimenze trubního vybavení varianty B

<i>Potrubí filtru</i>	i_{vo} ($m^3/h \cdot m^2$)	S_{filtr} (m^2)	Q (m^3/hod)	v (m/s)	S (m^2)	d (m)	DN (mm)	v_{sk} (m/s)
1. Přítok gravitační	28.00	12.00	324.00	0.8	0.11	0.38	400	0.72
2. Výtlač na RN				1.5	0.06	0.28	300	1.27
3. Přívod (1 filtr)			81.00	0.8	0.03	0.19	200	0.72
4. Odvod filtr. vody				1.5	0.02	0.14	150	1.27
5. Zafiltrování				1.5	0.02	0.14	150	1.27
6. Přívod prací vody			336	1.5	0.06	0.28	300	1.32
7. Odvod prací vody				1.0	0.09	0.34	350	0.97

Regenerace filtrační náplně – tj. intenzita a doba praní bude stejná jako u varianty A.

Návrh potřebného množství regenerační vody v prvních 5 minut:

$$S_{filtru} = 12,00 \text{ m}^2$$

i_{vo} ... intenzita prací vody (dle doporučení)

$$i_{vo} = 5,00 \text{ m}^3/h \cdot \text{m}^2$$

t ... doporučená délka praní

$$t = 5 \text{ min} = 5 / 60 = 0,08 \text{ hod}$$

$$Q_{prací(5min)} = S_{filtru} \cdot i_{vo} = 12,00 \cdot 5,00 = \underline{60,00 \text{ m}^3/hod}$$

$$V_{VR(5min)} = Q_{prací} \cdot t = 60,00 \cdot 0,08 = \underline{5,00 \text{ m}^3}$$

Návrh potřebného množství regenerační vody v dalších 15 minutách:

$$S_{\text{filtru}} = 12,00 \text{ m}^2$$

i_{vo} ... intenzita prací vody (dle doporučení)

$$i_{\text{vo}} = 28,00 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$$

t ... doporučená délka praní

$$t = 15 \text{ min} = 15 / 60 = 0,25 \text{ hod}$$

$$Q_{\text{prací}(15\text{min})} = S_{\text{filtru}} \cdot i_{\text{vo}} = 12,00 \cdot 28,00 = \underline{336,00 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{\text{VR}}(15\text{min}) = Q_{\text{prací}} \cdot t = 336,00 \cdot 0,25 = \underline{84,00 \text{ m}^3}$$

$$\text{Celková potřeba vody na 1 filtr} = V_{\text{VR}}(5\text{min}) + V_{\text{VR}}(15\text{min})$$

$$\text{Celková potřeba vody na 1 filtr} = 5,00 \text{ m}^3 + 84,00 \text{ m}^3 = \underline{89,00 \text{ m}^3}$$

$$\text{Celková potřeba vody na praní filtrů} = \text{Celková spotřeba vody na 1 filtr} \cdot n$$

$$\text{Celková potřeba vody na praní filtrů} = 89,00 \cdot 4 = \underline{445,00 \text{ m}^3}$$

Návrh vyrovnávací nádrže (V_{VN}):

$$V_{\text{VN}} = \text{Celková potřeba vody na praní 1 filtru} + 85\% Q_{\text{max}} \cdot 20 \text{ minut} / n \cdot (n-1)$$

$$V_{\text{VN}} = 89,00 + 0,85 \cdot 5,40 \cdot 20 / 5 \cdot 4 = 162,44 \text{ m}^3$$

a, b ... navrhované půdorysné rozměry, h ... výška vody (dopočítáno)

$$a = 8,50 \text{ m}$$

$$b = 6,50 \text{ m}$$

$$h = 2,94 \text{ m}$$

h ... výška vody (navržená)

$$h = 3,00 \text{ m}$$

$$V_{\text{návrhový}} = a \cdot b \cdot h = 8,50 \cdot 6,50 \cdot 3,00 = \underline{165,75 \text{ m}^3}$$

h_{C} ... celková výška vyrovnávací nádrže (navržená)

$$h = 3,30 \text{ m}$$

$$V_{\text{celkový}} = a \cdot b \cdot h_{\text{C}} = 8,50 \cdot 6,50 \cdot 3,30 = \underline{182,32 \text{ m}^3}$$

Vyrovnávací nádrž bude o velikosti 8,50 x 6,50 x 3,30 m, s hloubkou vody 3,0 m. Objem vyrovnávací nádrže je dimenzován jako akumulace vody pro praní 1 filtru při současném provozu zbývajících 7 tlakových filtrů. Je uvažováno po dobu praní se snížením produkce pitné vody na 85 % z maximálního výkonu

Pro rovnoměrné rozdělení celkového čerpaného množství, které bude přečerpáváno na otevřené rychlofiltry s GAU filtrační náplní, navrhuji osadit před rychlofiltry rozdělovací nádrže s centrálním nátokem a s přelivnými hranami na nátok do pěti odtokových žlabů. Rozdělovací nádrže bude vybavena také bezpečnostním přelivem a vypouštěcím potrubím.

Tab. 8.3 Přepadová množství podle Rehbocka při délce přepadové hrany 1 m bez postranní kontrakce

h (cm)	Q (l/s)	h (cm)	Q (l/s)	h (cm)	Q (l/s)
1	2,10	6	26,40	11	66,50
2	5,50	7	34,00	12	75,20
3	9,80	8	41,40	13	85,20
4	14,90	9	49,40	14	95,20
5	20,80	10	57,70	15	105,30

Návrh rozdělovací nádrže (RN):

$$Q_{RN} = 90,00 \text{ l/s} = \underline{324,00 \text{ m}^3/\text{h}}$$

r ... poloměr RN (voleno) = 0,50 m

O ... obvod kruhové RN

$$O = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 0,50 = \underline{3,14 \text{ m}}$$

$$\text{délka přelivné hrany na } 1 \text{ m l} = O / 5 \text{ (filtrů)} = 3,14 / 5 = 0,63 \text{ m} = \underline{63 \text{ cm}}$$

na 1 m přelivné délky l ... x l/s

na 0,60 m přelivné délky l ... Q_{\max} / (počet filtrů) l/s

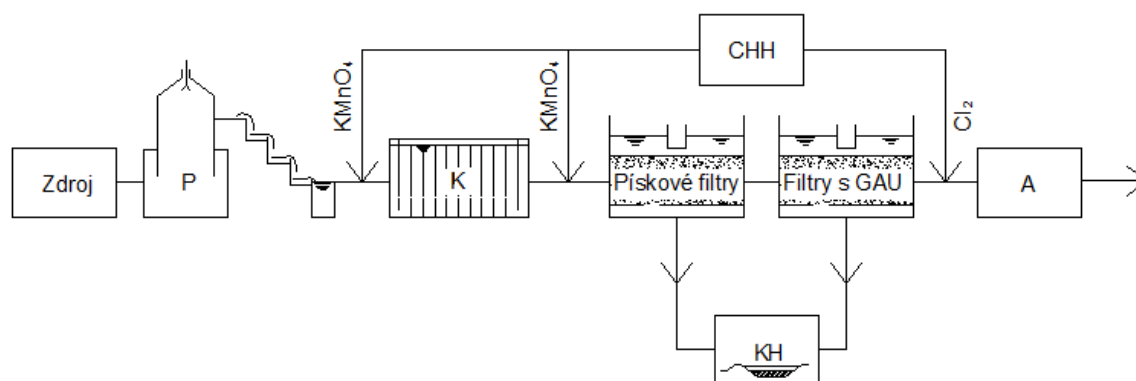
$$x = (90,00 / 5) \cdot 1 / 0,60 = \underline{30,00 \text{ l/s}}$$

Interpolací $Q = 30,00 \text{ l/s}$, výška přelivné hrany 6,50 cm. Na základě výpočtu navrhuji rozdělovací nádrže s centrálním nátokem o průměru 1,0 m a pěti odtokovými žlaby opatřenými přelivnými hranami a odtokovým potrubím DN 200 na každý otevřený rychlofiltr s GAU filtrační náplní.

Z pěti odtokových žlabů rozdělovací nádrže bude voda gravitačně natékat potrubím DN 200 na pět otevřených filtrů s GAU náplní, každý o půdorysném rozměru 3,00 x 4,00 m s výškou GAU filtrační náplně 1,20 m. Výška vody nad filtrační náplní je uvažována 1,0 m. Celková výška filtru s drenážním systémem a s GAU filtrační náplní bude okolo 3,80 m. Každý filtr bude vybaven odtokovým potrubím DN 150, zafiltrovacím potrubím DN 150, potrubím na přítok prací vody DN 300 a potrubím na odtok prací vody DN 350.

Vzhledem k dispozičnímu řešení stávajících budov ÚV Hrdibořice není možné takové množství filtrů situovat do stávajících prostor, proto je nutné počítat s přístavbou nové budovy filtrů v oploceném areálu ÚV Hrdibořice.

S ohledem na výškové osazení stávajících akumulací pitné vody na ÚV Hrdibořice, bude nutné osadit nové otevřené filtry tak, aby provozní hladina ve filtrech byla min. 4,0 m nad okolním terénem. Světlá výška nové budovy filtrace potom vychází okolo 6,50 m.



P – provzdušnění, K – koagulace v reakční nádrži, CHH – chemické hospodářství, KH – kalové hospodářství, A – akumulace

Obr. 8.3 Technologické schéma budoucího provozu ÚV Hrdibořice pro variantu B

8.3 VARIANTA C

Ve variantě C jsem uvažovala s rekonstrukcí stávajících otevřených pískových filtrů s mezidnem na filtry s drenážním systémem bez mezidna a se záměnou křemičitého písku FP2 za filtrační náplň s granulovaným aktivním uhlím.

Ve dvou budovách ÚV Hrdibořice jsou situovány 4 otevřené pískové filtry s mezidnem a tryskami, každý půdorysného rozměru 3,10 x 4,60 m a 3 otevřené pískové filtry s mezidnem a s tryskami, každý půdorysného rozměru 3,00 x 4,50 m. Celková filtrační plocha na ÚV Hrdibořice je 100 m².

Stávající otevřené filtry mají mezidna s filtračními tryskami, po rekonstrukci by mohly být vybaveny otevřeným rychlofiltry s drenážním systémem Triton nebo Leopold.

Ve všech zrekonstruovaných otevřených filtrech se stávající písková náplň vymění za filtrační náplň GAU, která bude vhodná jak pro odstranění nerozpustných látek obsažených ve vodě z reakční nádrže, tak i na odstranění pesticidů.

Zadaná hodnota:

$$Q_{\max} = 90.0 \text{ l/s} = 324,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Výpočet plochy 1 filtru v nové budově:

a, b = půdorysné rozměry

$$a = 3,10 \text{ m}, b = 4,60 \text{ m}$$

$$S_{\text{filtru(NB)}} = a \cdot b = 3,10 \cdot 4,60 = \underline{14,26 \text{ m}^2}$$

Diplomová práce

Výpočet plochy 1 filtru ve staré budově: $a, b = \text{půdorysné rozměry}$

$$a = 3,00 \text{ m}, b = 4,50 \text{ m}$$

$$S_{\text{filtru(SB)}} = a \cdot b = 3,00 \cdot 4,50 = \underline{13,50 \text{ m}^2}$$

Výpočet objemu filtrační náplně dle doby zdržení: $t = \text{optimální doba kontaktu vody s filtrační náplní (dle doporučení)}$

$$t_{\text{opt}} = 20 \text{ min}$$

$$t = t / 60 = 20 / 60 = 0,33 \text{ hod}$$

$$V_{\text{GAU}} = Q_{\text{max}} \cdot t = 324,00 \cdot 0,33 = \underline{108,00 \text{ m}^3}$$

Výpočet objemu filtrační náplně na 1 filtr:

$$V_{\text{GAU-1filtr}} = V_{\text{GAU}} / n = 108,00 / (4 + 3) = \underline{15,43 \text{ m}^3}$$

Výpočet výšky filtrační náplně na 1 filtr nové budovy:

$$h_{\text{GAU}} = V_{\text{GAU-1filtr}} / S_{\text{1filtr}} = 15,43 / 14,26 = \underline{1,08 \text{ m}}$$

Výpočet výšky filtrační náplně na 1 filtr staré budovy:

$$h_{\text{GAU}} = V_{\text{GAU-1filtr}} / S_{\text{1filtr}} = 15,43 / 13,50 = \underline{1,14 \text{ m}}$$

Navrhuji shodnou výšku pro filtry v nové i ve staré budově 1,20 m

$$h_{\text{GAUskutečné}} = 1,20 \text{ m}$$

$$V_{\text{GAUskutečné(NB)}} = S_{\text{1filtru(NB)}} \cdot h_{\text{GAUskutečná}} = 14,26 \cdot 1,20 = \underline{17,11 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{GAUskutečné(SB)}} = S_{\text{1filtru(SB)}} \cdot h_{\text{GAUskutečná}} = 13,50 \cdot 1,20 = \underline{16,20 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{celkové}} = V_{\text{GAUskutečné(NB)}} \cdot n_{\text{(NB)}} + V_{\text{GAUskutečné(SB)}} \cdot n_{\text{(SB)}}$$

$$V_{\text{celkové}} = 17,11 \cdot 4 + 16,20 \cdot 3 = \underline{117,05 \text{ m}^3}$$

**Výpočet doby zdržení při uvážení zapojení pouze 6 filtrů:
(jeden filtr prán nebo vyřazen z provozu)** $n \dots \text{počet filtrů v provozu}$

$$n = 6$$

$$t = (V_{\text{celkové}} - V_{\text{GAUskutečné(NB)}}) / Q_{\text{max}}$$

Diplomová práce

$$t = (117,05 - 17,11) / 324,00 = 0,31 \text{ m}^3/\text{h} = 18,51 \text{ min}$$

$$t > t_{\min} \rightarrow 18,51 < 20 \text{ min nesplněna podmínky doby zdržení}$$

Navrhuji výšku filtrační náplně 1,30 m

$$h_{GAUskutečné} = 1,30 \text{ m}$$

$$V_{GAUskutečné(NB)} = S_{\text{filtru}(NB)} \cdot h_{GAUskutečná} = 14,26 \cdot 1,30 = \underline{18,54 \text{ m}^3}$$

$$V_{GAUskutečné(SB)} = S_{\text{filtru}(SB)} \cdot h_{GAUskutečná} = 13,50 \cdot 1,30 = \underline{17,55 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{celkové}} = V_{GAUskutečné(NB)} \cdot n_{(NB)} + V_{GAUskutečné(SB)} \cdot n_{(SB)}$$

$$V_{\text{celkové}} = 18,54 \cdot 4 + 17,55 \cdot 3 = \underline{126,81 \text{ m}^3}$$

n... počet filtrů v provozu

$$n = 6$$

$$t = (V_{\text{celkové}} - V_{GAUskutečné(NB)}) / Q_{\max}$$

$$t = (126,81 - 18,54) / 324,00 = 0,334 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t = t \cdot 60 = 0,334 \cdot 60 = \underline{20,05 \text{ min}}$$

$$t > t_{\min} \rightarrow 20,05 > 20 \text{ min splněna podmínky doby zdržení}$$

n... počet filtrů v provozu

$$n = 6$$

$$t = (V_{\text{celkové}} - V_{GAUskutečné(SB)}) / Q_{\max}$$

$$t = (126,81 - 17,55) / 324,00 = 0,337 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t = t \cdot 60 = 0,337 \cdot 60 = \underline{20,23 \text{ min}}$$

$$t > t_{\min} \rightarrow 20,23 > 20 \text{ min splněna podmínky doby zdržení}$$

Jelikož jsou doby zdržení při výšce filtrační náplně 1,30 na hranici 20 min, navrhuji zvýšit výšku filtrační náplně na 1,40 m. Doby kontaktu vody s náplní GAU budou tedy o něco vyšší než minimální doba 20 minut.

Kontrola, že navržený objem filtrační náplně není menší než potřebný objem:

$$V_{GAUskutečné(NB)} = S_{\text{filtru}(NB)} \cdot h_{GAUskutečná} = 14,26 \cdot 1,40 = \underline{19,96 \text{ m}^3}$$

$$V_{GAUskutečné(SB)} = S_{\text{filtru}(SB)} \cdot h_{GAUskutečná} = 13,50 \cdot 1,40 = \underline{18,90 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{celkové}} = V_{GAUskutečné(NB)} \cdot n_{(NB)} + V_{GAUskutečné(SB)} \cdot n_{(SB)}$$

$$V_{\text{celkové}} = 19,96 \cdot 4 + 18,90 \cdot 3 = \underline{136,54 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{celk.}(kontrola)} > V_{GAU} = 136,54 > 108,00 \text{ m}^3$$

Výpočet filtračních rychlostí:

$$v_n = Q_{\text{filtru}} / S_{\text{filtru(NB)}} = 46,29 / 14,26 = 3,25 \text{ m/hod}$$

$$v_n = Q_{\text{filtru}} / S_{\text{filtru(SB)}} = 46,29 / 13,50 = 3,43 \text{ m/hod}$$

Při návrhu otevřených filtrů s GAU filtrační náplní umístěných ve stávajících budovách jsem uvažovala s dvěma stavy. První provozní stav – tj. zapojení všech 7 filtrů (4 filtry jsou v nové budově ÚV a 3 filtry jsou situovány ve staré budově ÚV Hrdibořice). Ve druhém provozním stavu je jeden filtr odstaven z provozu. Ve výpočtu je značení budov - nová budova (NB) a stará budova (SB).

Dále jsem provedla návrh trubního vedení výpočtem na základě doporučených rychlostí proudění vody v potrubí.

Pro regeneraci filtrů ve variantě C jsem navrhla praní vzduchem i vodou z toho důvodu, že filtrační náplň z GAU bude vystavena většímu znečištění, než tomu bylo v předchozích variantách A i B. V návrhu dimenzí potrubí je uvažováno i s potrubím na prací vzduch.

Tab. 8.4 Návrh dimenze trubního vedení u varianty C

Potrubí filtru NB	i_{vo} ($m^3/h.m^2$)	i_{vz} ($m^3/h.m^2$)	$S_{\text{filtr (NB)}}$ (m^2)	Q (m^3/hod)	v (m/s)	S (m^2)	d (m)	DN (mm)	v_{sk} (m/s)
1. Přívod na filtry	28.00	50.00	14.26	185.1	1.5	0.03	0.21	250	1.05
2. Přívod vody (1 filtr)				54.00	0.5	0.03	0.20	200	0.48
3. Odvod filtr. vody					1.5	0.01	0.11	150	0.85
4. Zafiltrování					1.5	0.01	0.11	150	0.85
5. Přívod prací vody				399.28	2.0	0.06	0.27	300	1.57
6. Odvod prací vody					1.0	0.11	0.38	400	0.88
8. Přívod pracího vzd.				713.0	15.0	0.01	0.13	150	11.21

Voda z obou reakčních nádrží bude přiváděna na nově zrekonstruované filtry s GAU filtrační náplní přívodním potrubím DN 250/DN 200. Dále budou filtry s GAU náplní vybaveny potrubím DN 150 na odtok filtrované vody, potrubím DN 150 na zafiltrování, potrubím na přívod prací vody DN 300 a potrubím na odtok prací vody DN 400, dále pak potrubím pracího vzduchu DN 150. Všechna trubní vedení u každého filtru budou opatřena uzavíracími armaturami s elektropohonem.

Regenerace filtrů s GAU náplní bude probíhat ve čtyřech fázích. První fází bude prováděna vzduchem při intenzitě $40 - 50 \text{ m}^3/h.m^2$ po dobu 5 minut. Další fáze regenerace bude prací vodou o intenzitách $5 \text{ m}^3/h.m^2$ po dobu 10 minut, $20 \text{ m}^3/h.m^2$ po dobu 5 minut a $28 \text{ m}^3/h.m^2$ po dobu 25 minut.

Diplomová práce

Návrh potřebného množství regenerační vody a vzduchu (NB):**Návrh potřebného množství regenerační vody v prvních 10 minutách:**

$$S_{I\text{filtru}(NB)} = 14,26 \text{ m}^2$$

i_{vo} ... intenzita prací vody (dle doporučení)

$$i_{vo} = 5,00 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$$

t ... doporučená délka praní

$$t = 10 \text{ min} = 10 / 60 = 0,17 \text{ hod}$$

$$Q_{\text{prací}(10\text{min})} = S_{I\text{filtru}} \cdot i_{vo} = 14,26 \cdot 5,00 = \underline{71,30 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{VR(NB-10 \text{ minut})} = Q_{\text{prací}} \cdot t = 71,30 \cdot 0,17 = \underline{12,12 \text{ m}^3}$$

Návrh potřebného množství regenerační vody v dalších 5 minutách:

$$S_{I\text{filtru}(NB)} = 14,26 \text{ m}^2$$

i_{vo} ... intenzita prací vody (dle doporučení)

$$i_{vo} = 20,00 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$$

t ... doporučená délka praní

$$t = 5 \text{ min} = 5 / 60 = 0,08 \text{ hod}$$

$$Q_{\text{prací}(5\text{min})} = S_{I\text{filtru}} \cdot i_{vo} = 14,26 \cdot 20,00 = \underline{285,20 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{VR(NB-5 \text{ min})} = Q_{\text{prací}} \cdot t = 285,20 \cdot 0,08 = \underline{22,82 \text{ m}^3}$$

Návrh potřebného množství regenerační vody v dalších 20 minutách:

$$S_{I\text{filtru}(NB)} = 14,26 \text{ m}^2$$

i_{vo} ... intenzita prací vody (dle doporučení)

$$i_{vo} = 28,00 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$$

t ... doporučená délka praní

$$t = 20 \text{ min} = 20 / 60 = 0,33 \text{ hod}$$

$$Q_{\text{prací}(20\text{min})} = S_{I\text{filtru}} \cdot i_{vo} = 14,26 \cdot 28,00 = \underline{399,28 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{VR(20\text{min}-NB)} = Q_{\text{prací}} \cdot t = 399,28 \cdot 0,33 = \underline{131,76 \text{ m}^3}$$

Návrh potřebného množství regenerační vzduchu v 5 minutách:

$$S_{I\text{filtru}(NB)} = 14,26 \text{ m}^2$$

i_{vz} ... intenzita pracího vzduchu (dle doporučení)

$$i_{vz} = 50,00 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$$

t ... doporučená délka praní

$$t = 5 \text{ min} = 5 / 60 = 0,08 \text{ hod}$$

Diplomová práce

$$Q_{vzduchu} (1min) = S_{filtru} \cdot i_{vz} = 14,26 \cdot 50,00 = \underline{713,00 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{VZ(5min - NB)} = Q_{vzduchu} \cdot t = 713,00 \cdot 0,08 = \underline{57,04 \text{ m}^3}$$

Celkový návrh potřebného množství regenerační vody a vzduchu (NB) :

$$\text{Celková potřeba vody na 1 filtr (NB)} = V_{VR} (10min) + V_{VR} (5min) + V_{VR} (20)$$

$$\text{Celková potřeba vody na 1 filtr} = 12,12 \text{ m}^3 + 22,82 \text{ m}^3 + 131,76 \text{ m}^3 = \underline{166,70 \text{ m}^3}$$

$$\text{Celková potřeba vody na praní všech filtrů (NB)} = \text{Celková spotřeba vody na 1 filtr (NB)} \cdot n$$

$$\text{Celková potřeba vody na praní všech filtrů (NB)} = 166,70 \cdot 4 = \underline{666,80 \text{ m}^3}$$

$$\text{Celková potřeba vzduchu na praní všech filtrů (NB)} = \text{Celková spotřeba vzduchu na 1 filtr (NB)} \cdot n$$

$$\text{Celková potřeba vzduchu na praní všech filtrů (NB)} = 57,04 \cdot 4 = \underline{228,16 \text{ m}^3}$$

Celková spotřeba prací vody na 1 filtr v nové budově filtrů na ÚV Hrdibořice je 166,70 m³ (sečtené spotřeby vody vypočtené podle určených intenzit). Celková spotřeba vzduchu na praní jednoho filtru je 57,04 m³ na jeden filtr. Regenerace filtru dle informací od dodavatelů GAU i dle zkušeností provozovatelů ÚV, kde je tento typ filtrace již zaveden, se předpokládá u každého filtru po 5-ti dnech provozu.

Návrh potřebného množství regenerační vody a vzduchu (SB):

Návrh potřebného množství regenerační vody v prvních 10 minutách:

$$S_{filtru(SB)} = 13,50 \text{ m}^2$$

i_{vo} ... intenzita prací vody (dle doporučení)

$$i_{vo} = 5,00 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$$

t ... doporučená délka praní

$$t = 10 \text{ min} = 10 / 60 = 0,17 \text{ hod}$$

$$Q_{prací(10min)} = S_{filtru} \cdot i_{vo} = 13,50 \cdot 5,00 = \underline{67,50 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{VR(10min - SB)} = Q_{prací} \cdot t = 67,50 \cdot 0,17 = \underline{11,48 \text{ m}^3}$$

Návrh potřebného množství regenerační vody v dalších 5 minutách:

$$S_{filtru(SB)} = 13,50 \text{ m}^2$$

i_{vo} ... intenzita prací vody (dle doporučení)

$$i_{vo} = 20,00 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$$

t ... doporučená délka praní

$$t = 5 \text{ min} = 5 / 60 = 0,08 \text{ hod}$$

Diplomová práce

$$Q_{prací(5min)} = S_{filtru} \cdot i_{vo} = 13,50 \cdot 20,00 = \underline{270,00 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{VR(5min - SB)} = Q_{prací} \cdot t = 270,00 \cdot 0,08 = \underline{21,60 \text{ m}^3}$$

Návrh potřebného množství regenerační vody v dalších 20 minutách:

$$S_{filtru(NB)} = 13,50 \text{ m}^2$$

i_{vo} ... intenzita prací vody (dle doporučení)

$$i_{vo} = 28,00 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$$

t ... doporučená délka praní

$$t = 20 \text{ min} = 20 / 60 = 0,33 \text{ hod}$$

$$Q_{prací(20min)} = S_{filtru} \cdot i_{vo} = 13,50 \cdot 28,00 = \underline{378,00 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{VR(20min - SB)} = Q_{prací} \cdot t = 378,00 \cdot 0,33 = \underline{124,74 \text{ m}^3 \text{ na 1 filtr}}$$

Návrh potřebného množství regenerační vzduchu v 5 minutách:

$$S_{filtru(SB)} = 13,50 \text{ m}^2$$

i_{vz} ... intenzita pracího vzduchu (dle doporučení)

$$i_{vz} = 50,00 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$$

t ... doporučená délka praní

$$t = 5 \text{ min} = 5 / 60 = 0,08 \text{ hod}$$

$$Q_{vzduchu(1min)} = S_{filtru} \cdot i_{vz} = 13,50 \cdot 50,00 = \underline{675,00 \text{ m}^3/\text{hod}}$$

$$V_{VZ(5min - SB)} = Q_{vzduchu} \cdot t = 675,00 \cdot 0,08 = \underline{54,00 \text{ m}^3}$$

Celkový návrh potřebného množství regenerační vody a vzduchu (SB) :

$$\text{Celková potřeba vody na 1 filtr (SB)} = \text{Potřeba (10min)} + \text{Potřeba (5min)} + \text{Potřeba (20)}$$

$$\text{Celková potřeba vody na 1 filtr (SB)} = 11,48 \text{ m}^3 + 21,60 \text{ m}^3 + 124,74 \text{ m}^3 = \underline{157,82 \text{ m}^3}$$

$$\text{Celková potřeba vody na praní všech filtrů (SB)} = \text{Celková spotřeba vody na 1 filtr (SB)} \cdot n$$

$$\text{Celková potřeba vody na praní všech filtrů (SB)} = 157,74 \cdot 3 = \underline{473,22 \text{ m}^3}$$

$$\text{Celková potřeba vzduchu na praní všech filtrů (SB)} = \text{Celková spotřeba vzduchu na 1 filtr (SB)} \cdot n$$

$$\text{Celková potřeba vzduchu na praní všech filtrů (SB)} = 54,00 \cdot 3 = \underline{162,00 \text{ m}^3}$$

Celková spotřeba prací vody na 1 filtr umístěný ve staré budově filtrů na ÚV Hrdibořice je $157,82 \text{ m}^3$ (sečtené spotřeby vody vypočtené podle určených intenzit). Celková spotřeba vzduchu na praní jednoho filtru je $162,00 \text{ m}^3$ na jeden filtr.

Celkový návrh potřebného množství regenerační vody a vzduchu (NB) + (SB) :

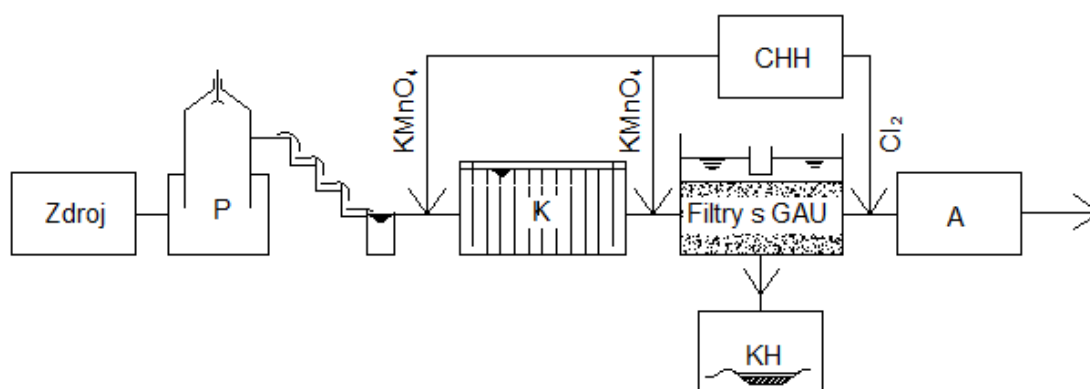
Celková potřeba vody na praní filtrů (NB) + (SB) = Celková spotřeba vody na 1 filtr (NB) + Celková spotřeba vody na 1 filtr (SB)

Celková potřeba vody na praní filtrů (NB) + (SB) = 666, 80 + 473, 22 = 1 140, 02 m³

Celková potřeba vzduchu na praní filtrů (NB) + (SB) = Celková spotřeba vzduchu na 1 filtr (NB) + Celková spotřeba vzduchu na 1 filtr (SB)

Celková potřeba vzduchu na praní filtrů (NB) + (SB) = 228,16 + 162,00 = 390,16 m³

Celková spotřeba prací vody na všechny filtry na ÚV Hrdibořice je 1 140,02 m³ (sečtené spotřeby vody vypočtené podle určených intenzit). Celková spotřeba vzduchu na praní jednoho filtru je 390,16 m³ na jeden filtr.



P – provzdušnění, K – koagulace v reakční nádrži, CHH – chemické hospodářství, KH – kalové hospodářství, A – akumulace

Obr. 8.4 Technologické schéma budoucího provozu ÚV Hrdibořice pro variantu C

9 INVESTIČNÍ A PROVOZNÍ NÁKLADY

Pro jednotlivá variantní řešení jsem provedla informativní odhad investičních a provozních nákladů.

V níže uvedených tabulkách jsou uvedeny náklady na jednotlivé inženýrské objekty (IO) a provozní soubory (PS), které připadají v úvahu pro případné rozšíření ÚV Hrdibořice (varianta A nebo B) nebo pro rekonstrukci stávajících pískových filtrů na ÚV Hrdibořice (varianta C).

Podrobněji rozpracované jednotlivé objekty jsou uvedeny v příloze č. 1.

Ceny zemních prací jsme určila na základě průměrných cen dopravní a technické infrastruktury, vydané Ministerstvem pro místní rozvoj ČR (aktualizace 2015). Ceny potrubí jsem stanovila z internetových stránek výrobce nerezových trub. Ceny stavebních objektů jsem konzultovala se specialistou – rozpočtářem.

Označení inženýrských objektů a provozních souborů pro jednotlivé varianty je jednotný:

- IO 01 – Budova filtrů s GAU náplní nebo rekonstrukce stávajících filtrů na ÚV
- IO 02 - Trubní rozvody vedené mezi stávajícími objekty ÚV a budovou nové filtrace
- IO 03 - Kabelová přípojka NN a kabely MaR
- PS 01 - Trubní rozvody uvnitř budovy nové filtrace nebo v armaturní chodbě filtrů ÚV
- PS 02 – Čerpání filtrované vody
- PS 03 – Filtry s GAU filtrační náplní
- Provoz – Ceny za energie

9.1 VARIANTA A

Tab. 9.1 Náklady IO a PS včetně ročních provozních nákladů u varianty A

IO 01	9 537 615	Kč
IO 02	1 195 167	Kč
IO 03	313 895	Kč
PS 01	515 935	Kč
PS 02	3 200 000	Kč
PS 03	17 211 200	Kč
Provoz	505 650	Kč

Celkem	32 479 462	Kč
---------------	-------------------	-----------

Z odhadu investičních a provozních nákladů vyplývá, že celková cena realizace varianty A s jejím ročním provozem vyjde na cca 32 500 000 Kč.

Nejvyšší investiční náklady v této variantě jsou na nákup tlakových nerezových filtrů, jejichž cena vychází na 12 800 000 Kč, jak lze vidět v příloze č. 1, celkově pak filtry včetně vybavení vychází na 17 200 000 Kč.

9.2 VARIANTY B

Tab. 9.2 Náklady IO a PS včetně ročních provozních nákladů u varianty B

IO 01	12 259 115	Kč
IO 02	1 195 167	Kč
IO 03	313 895	Kč
PS 01	1 342 125	Kč
PS 02	2 025 000	Kč
PS 03	10 970 000	Kč
Provoz	550 245	Kč

Celkem	28 655 546	Kč
---------------	-------------------	-----------

Z odhadu investičních a provozních nákladů vyplývá, že celková cena realizace varianty B s jejím ročním provozem vyjde na cca 28 700 000 Kč. U varianty B jsou vyšší náklady u IO 01 - Nová budova filtrace (vyšší výška budovy filtrů než u varianty A).

9.3 VARIANTY C

Tab. 9.3 Posouzení varianty C

IO 01	3 533 203	Kč
PS 01	4 656 770	Kč
PS 02	1 845 000	Kč
PS 03	16 917 400	Kč
Provoz	1 557 025	Kč

Celkem	28 509 398	Kč
---------------	-------------------	-----------

Z odhadu investičních a provozních nákladů vyplývá, že celková cena realizace varianty C s jejím ročním provozem vyjde na cca 28 500 000 Kč. Nejvyšší položkou u této varianty je dodávka a montáž drenážního systému filtrů bez mezidna. S ohledem na vyšší četnost praní a recyklaci GAU filtrační náplně jsou provozní náklady u této varianty nejvyšší.

Z posouzení jednotlivých variant vyplývá, že nejlevněji je varianta C, tedy využití stávajících filtrů, naplněných místo pískové náplně náplní GAU. Pokud se ale podíváme na roční provozní náklady vidíme, že cena je až trojnásobná oproti předchozím variantám A i B. Doporučila bych tedy při výběru konkrétní varianty detailnější porovnání investičních a provozních nákladů pro delší časový úsek.

Na následujících dvou tabulkách je srovnání jednotlivých variant ve dvou základních bodech:

- náklady za GAU filtrační náplň a její recyklaci
- spotřeba el. energie a prací vody na regeneraci filtrační náplně

Byly uvažovány průměrné roční provozní náklady za časové období 6 let, což je doba předpokládaná pro recyklaci GAU filtrační náplně ve variantách A a B a za časové období 4 let, které se předpokládá u varianty C (větší opotřebení GAU filtrační náplně z důvodu četnějšího praní filtrů).

Tab. 9.4 Srovnání nákladů GAU náplně

	Náklady na recyklaci GAU filtrační náplně			
	GAU - nákup	Doba mezi recyklací	Cena za recyklaci	Jednotková cena
	Kč	měsíc	Kč	Kč/rok
A	4 411 200	84	2 940 800	420 114
B	4 320 000	84	2 880 000	411 429
C	8 192 400	48	5 461 600	1 365 400

Dle tabulky 9.4 můžeme vidět, že cena nákupu GAU a ročního provozu filtrů vychází výrazně dražší u varianty C a to téměř trojnásobně než u variant A i B.

Tab. 9.5 Srovnání provozních nákladů z hlediska spotřeby energie

	Cena praní celkem	Cena el. energie celkem	Náklady na recyklaci GAU náplně	Náklady celkem
	Kč/rok			
A	76 320	9 216	420 114	505 650
B	129 600	9 216	411 429	550 245
C	182 865	8 760	1 365 400	1 557 025

Z hlediska spotřeby energie za regeneraci filtrů dle tabulky 9.5 vychází nejhůře opět varianta C a to téměř trojnásobně vyšší než varianty A i B.

Jako další hodnotící kritérium by jistě byl přepočet všech nákladů na 1 m³ vyrobené vody se započítáním odpisů inženýrských objektů a strojně technologického zařízení včetně nákladů na obsluhu a údržbu ÚV Hrdibořice. Stanovení nákladů na 1 m³ vyrobené vody si však vyžádá daleko podrobnější údaje od provozovatele ÚV, vyšší odbornost a čas.

10 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala problémem odstranění pesticidních látek na úpravně vody v Hrdibořicích.

Práce je rozdělena na dvě části. První část je teoretická, zabývá se poznatky o pesticidních látkách, jejich dělení, dále pak způsoby jak se dostávají do zdrojů pitné vody a možnostem jejich odstranění z upravované vody. Dále jsou uvedeny normy, směrnice a doporučení, které uvádějí limitní hodnoty pesticidních látek v pitné vodě a doporučení jak s pesticidními látkami nakládat.

Ve druhé části bylo navrženo řešení na odstranění pesticidních látek filtrací přes granulované aktivní uhlí. Teoretické znalosti o využití granulovaného aktivního uhlí jako způsob odstranění pesticidů z vody byly ověřeny na modelových zkouškách. Modelové poloprovozní zkoušky byly provedeny na modelu filtru typu I a II.

V prvním modelu typu I byly testovány celkem dvě náplně a to AquaSorb 2000 a Carbon AQ – 38. Model typu I byl testován jako doplňková filtrace ke stávající filtraci přes pískovou náplň. Rozborem vody za modelem filtru I se neprojevilo, že by se granulované aktivní uhlí ve svých vlastnostech lišilo. Ve druhém modelu filtru typu II bylo použito granulované aktivní uhlí Filtrasorb TL830. Tento typ uhlí se od předešlých dvou lišil tím, že má menší otěr a větší jodové číslo. To znamená, že při častějším praní filtru déle vydrží o stejném objemu a jeho účinnost na odstranění nejen pesticidních látek, ale i jiným mikropolutantů, je účinnější.

Celkem byly zpracovány tři varianty na odstranění pesticidních látek z vody a to A, B a C.

Dvě varianty (varianta A a varianta B) byly navrženy jako doplňková filtrace vody odtékající ze stávajících pískových filtrů, vycházející z poloprovozních zkoušek na modelu filtru typu I. Varianty se lišily tím, že bylo uvažováno s jinými druhy filtrů s GAU náplní. Ve variantě A jsem uvažovala s tlakovými filtry a u varianty B jsem uvažovala s otevřenými filtry s drenážním systémem bez mezidna. Ve variantě C jsem uvažovala o rekonstrukci stávající pískové filtrace na filtraci s drenážním systémem bez mezidna a s výměnou křemičitého filtračního písku za náplň z granulovaného aktivního uhlí. Varianta C byla testována na modelu filtru typu II.

V závěru práce byl proveden informativní odhad investičních a provozních nákladů pro každou variantu zvlášť.

Podle odhadů investičních nákladů nejlépe vychází varianta C, tedy rekonstrukce stávajících pískových filtrů na filtry s drenážním systémem a s GAU filtrační náplní Filtrasorb TL830. U této varianty si ovšem musíme uvědomit, že roční provozní náklady budou až trojnásobně vyšší než u varianty A nebo varianty B, což se projeví v návratnosti.

11 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HUŠKOVÁ, Radka. Pesticidy ve zdrojích vody, možnosti odstranění; národní akční plán (NAP) k zajištění udržitelného používání pesticidů v ČR. SOVAK: Časopis oboru vodovodů a kanalizací. 2012, 2012(12), 8-12.
- [2] NOVÁK, Pavel, Antonín ZAJÍČEK, Petr FUČÍK, Tomáš HEJDUK, Petr KVAPIL, Romana ŠURÁNOVÁ, Irena ŠUPÍKOVÁ a Jiří FIEDLER. Nové metody detekce pesticidních látek ve zdrojích pro pitnou vodu, jejich vyhodnocení a eliminace. SOVAK: Časopis oboru vodovodů a kanalizací. 2016, 2016(1), 22-27.
- [3] MALÁ, Jitka. Složení a vlastnosti přírodních vod: Znečištění přírodních vod. 85s.
- [4] Vyhláška č. 252/2004 Sb.: kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody [online]. 2004. 2004 [cit. 2016-10-13]. Dostupné z: www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-252-2004-sb-ktouhou-se-stanovi-hygienicke-pozadavky-na-pitnou-a-teplou-vodu-a-cetnost-a-rozsah-kontroly-pitne-vody.
- [5] STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV: Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu pro hodnocení relevantnosti metabolitů pesticidů v pitné vodě. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV [online]. Praha: SZU, 2015 [cit. 2016-07-04]Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/Metodicke_doporuceni_NRC_relevance_pesticidu.pdf
- [6] Ministerstvo zdravotnictví ČR. Ministerstvo zdravotnictví ČR: Seznam posouzených nerelevantních metabolitů pesticidů a jejich doporučené limitní hodnoty v pitné vodě. In: Web MZ [online]. Praha: MZČR, 2016 [cit. 2016-07-04]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/Verejne/obsah/pitna-voda-pesticidy-nerelevantni-metabolity_3170_5.html
- [7] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/128/ES [online]. Evropský Parlament a Rada Evropské Unie, 2009 [cit. 2016-10-13]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32009L0128>
- [8] BOUCHALOVÁ, Zuzana. Posouzení kvality pitné vody u vybraných úpraven podzemních vod Olomouckého kraje. Brno, 2015.
- [9] Tlakové membránové procesy. Tlakové membránové procesy [online]. [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: <http://www.czemp.cz/cs/membranove-procesy/tlakove-membranove-procesy>
- [10] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 3. Praha: VŠCHT, 1999. ISBN 80-7080-340-1.
- [11] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. Vodárenství: A. Úprava vody[online]. Brno, 2006, 155 s.
- [12] ZDRAŽILOVÁ, Alena. Možnosti odstranění mikropolutantů vodárenskými procesy. 1. Brno, 2016.
- [13] Tlakové membránové procesy. Czemp: Česká membránová platforma [online]. 2016 [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: <http://www.czemp.cz/cs/membranove-procesy/tlakove-membranove-procesy>

- [14] Aktivní uhlí a možnosti odstraňování mikropolutantů: Možnosti a efektivita separace mikropolutantů. *Vodarenstvi.com* [online]. Konference VODA FÓRUM 2012: Veolia voda, 2012 [cit. 2016-10-28]. Dostupné z: <http://www.vodarenstvi.com/media/konference/vodaforum-prednasky/30-04-bartos-aktivni-uhli-osdtr-polutanu.pdf>
- [15] VAVRUŠKOVÁ, Lenka, Miloslav Dryml, Petra Bářková . VLIV OZONIZACE NA MNOŽSTVÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK V UPRAVENÉ VODĚ Z ÚV ŽELIVKA .*wet-team.cz*. [online]. 28.10.2016 [cit. 2016-10-28]. Dostupné z: <http://www.wet-team.cz/files/konference/2010/PV2010%20sbornik/30-Vavruskova.pdf>
- [16] VOSTRČIL, Josef. VYBRANÉ NOVÉ POZNATKY Z OZONIZACE. *mzp*. [online]. 28. 10. 2016 [cit. 2016-10-28]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/4d735ff9c7e64b58c12569e7001a2d9c/25258b5282aa9e2c8025680800305a19?OpenDocument>
- [17] HRDLÍČKA, Aleš, Jiří Dřímál, Jaroslav Šeps. Odstranění triazinových herbicidů z pitné vody. *Vodní hospodářství*. [online]. 28. 10. 2016 [cit. 2016-10-28]. Dostupné z: <http://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2010/vh03-2010.pdf>
- [18] ZAJÍČEK, Antonín a Petr FUČÍK. Pesticidy v drenážních vodách: Zkušenosti ze zahraničí a první výsledky z České Republiky. *AGRObase zpravodaj: Informační noviny agrární komory České Republiky* [online]. Praha, 2015, (10), 2 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: http://www.apic-ak.cz/data_ak/15/a/AGRObase1505.pdf
- [19] RIEDER A KOL., M. Výskyt a pohyb nebezpečných látek v hydrosféře ČR: Závěrečná zpráva projektu VaV/650/3/00 [online]. Praha: ČHMÚ Praha, 2003, (2), 15 [cit. 2016-11-29]. Dostupné z: <http://www.registrpovinnosti.com/df23h54/voda/registrlegislativy/Atrazin.pdf>
- [20] GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY. : *Third edition incorporation the first and second addenda* [online]. Geneva, 2008 [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf
- [21] NOVÁK, Zdeněk, Igor TESAŘÍK a Antonín BOUCHAL. *Navrhování úpraven vody*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1967. L 17-B3-IV-41/7822/VI.

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Nejvyšší mezní hodnoty dle vyhlášky 252/2004 Sb.	4
Tab. 5.1 Standardní parametry jednotlivých metod membránové filtrace[14]	8
Tab. 5.2 Základní typy GAU [12]	9
Tab. 5.3 Účinnost působení ozonizace na jednotlivé PL[15].....	11
Tab. 6.1 Kvalita surové vody dle vyhodnocení společnosti MOVO, a.s. za rok 2015	15
Tab. 6.2 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 27. 5. 2015	15
Tab. 6.3 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 24. 6. 2015	16
Tab. 6.4 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 22. 7. 2015	16
Tab. 6.5 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 13. 8. 2015	17
Tab. 6.6 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 21. 9. 2015	17
Tab. 6.7 Naměřené hodnoty pesticidních látek dne 22. 10. 2015	18
Tab. 7.1 Typické vlastnosti filtračních náplní Carbon AQ-38 a AquaSorb 2000.....	29
Tab. 7.2 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru s náplní AquaSorb 20000 ze dne 21. 4. 2016.....	33
Tab. 7.3 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru s náplní AquaSorb 20000 ze dne 27. 4. 2016.....	33
Tab. 7.4 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru s náplní Carbon AQ - 38 ze dne 16. 5. 2016.....	34
Tab. 7.5 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru náplní Carbon AQ - 38 ze dne 7. 6. 2016	34
Tab. 7.6 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru náplní Carbon AQ - 38 ze dne 15. 6. 2016.....	35
Tab. 7.7 Typické vlastnosti filtrační náplně Filtrasorb TL830	39
Tab. 7.8 Naměřené hodnoty před a za modelem filtru s náplní Filtrasorb TL380 ze dne 7. 12. 2016.....	41
Tab. 7.9 Naměřené průtoky a množství vody po GAU filtraci	42
Tab. 7.10 Hodnoty tlaku výšky vodního sloupce nad tlakovými čidly modelu II	44
Tab. 8.1 Návrh dimenze trubního vybavení tlakového filtru varianty A	50
Tab. 8.2 Návrh dimenze trubního vybavení varianty B	55
Tab. 8.3 Přepadová množství podle Rehbocka při délce přepadové hrany 1 m bez postranní kontrakce	57
Tab. 8.4 Návrh dimenze trubního vedení u varianty C	61
Tab. 9.1 Náklady IO a PS včetně ročních provozních nákladů u varianty A.....	66
Tab. 9.2 Náklady IO a PS včetně ročních provozních nákladů u varianty B.....	67
Tab. 9.3 Posouzení varianty C	67

Diplomová práce

Tab. 9.4 Srovnání nákladů GAU náplně	68
Tab. 9.5 Srovnání provozních nákladů z hlediska spotřeby energie	68

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Chemický vzorec DDT	2
Obr. 2.2 Chemický vzorec triazinu	3
Obr. 5.1 Látky odstraňované membránovými procesy[13].....	8
Obr. 5.2a Mikrostruktura základních typů GAU [12].....	9
Obr. 5.3 Molekulový vzorec ozonu - O_3	10
Obr. 5.4 Molekulový vzorec peroxidu vodíku - H_2O_2	11
6.1	12
Obr. 6.2 Pohled na ÚV Hrdibořice.....	13
Obr. 6.3 Vrt HV104, prameniště A	14
Obr. 6.4 Celkové množství pesticidních látek ve zdrojích ÚV Hrdibořice v období květen až říjen 2015.....	19
Obr. 6.5 Strukturní vzorec atrazinu	20
Obr. 6.6 Naměřené hodnoty atrazinu v období květen až říjen 2015.....	20
Obr. 6.7 Strukturní vzorec desetylatrazinu.....	21
Obr. 6.8 Naměřené hodnoty desetylatrazinu v období květen až říjen 2015	21
Obr. 6.9 Strukturální vzorec acetochloru ESA.....	22
Obr. 6.10 Naměřené hodnoty acetochloru ESA v období květen až říjen 2015	22
Obr. 6.11 Aerace s kaskádovými stupni a odtokovými žlaby	24
Obr. 6.12 Pohled do suterénu aerace.....	24
Obr. 6.13 Pohled na filtry a reakční nádrž ve staré budově filtrů	25
Obr. 6.14 Pohled na filtry s reakční nádrží v nové budově filtrů.....	25
Obr. 7.1 Model filtru typu I.....	28
Obr. 7.2 Detail filtračních trysek mezidna modelu filtru typu I.....	28
Obr. 7.3 Vzorek uhlí Carbon AQ-38 (vlevo) a AquaSorb 2000 (vpravo).....	29
Obr. 7.4 Množství jednotlivých pesticidních látek před a za modelem filtru typu I.....	36
Obr. 7.5 Model filtru typu II	38
Obr. 7.6 Vzorek uhlí Filtrasorb TL830	39
Obr. 7.7 Množství jednotlivých pesticidních látek před modelem filtru II.....	41
Obr. 7.8 Průtok modelem filtru s GAU náplní typu II v jednotlivých cyklech.....	43
Obr. 7.9 Hodnoty tlaku zaznamenané tlakovými čidly modelu filtru II v jednotlivých cyklech	45
Obr. 7.10 Zobrazení ztrátové výšky podle Michaua	46
Obr. 8.1 Uvažované místo pro novou budovu filtrace s GAU filtrační náplní pro variantu A i B	47

Diplomová práce

Obr. 8.2 Technologické schéma budoucího provozu ÚV Hrdibořice pro variantu A	52
Obr. 8.3 Technologické schéma budoucího provozu ÚV Hrdibořice pro variantu B.....	58
Obr. 8.4 Technologické schéma budoucího provozu ÚV Hrdibořice pro variantu C.....	65

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ÚV	úpravna vody	PC	počítače a informační technologie
GAU	granulované aktivní uhlí	HV	hlubinný vrt
a.s.	akciová společnost	kW	kiloWatt
s.r.o	společnost s ručením omezeným	tzv.	tak zvaný
MOVO	Moravská vodárenská	PLC	pesticidní látky celkem
ČR	Česká republika	PL	pesticidní látky
%	procento	st.	stupně
např.	například	°C	stupeň Celsia
DDT	dichlordifenyltrichloren	KMnO ₄	manganistan draselný
č.	číslo	CO ₂	oxid uhličitý
NMH	nejvyšší mezní hodnota	Fe ⁺²	železnaté kationty
μg	mikrogram	Fe ⁺³	železité kationty
Sb.	sborník zákona	Mn	mangan
EHS	Životní prostředí, zdraví a bezpečí	SiO ₂	oxid siřičitý
EU	Evropská unie	O ₂	vzdušný kyslík
ES	Evropská směrnice (rada)	H ₂ S	sirovodík
EP	Evropský parlament	TP	přírubový kus
NAP	Národní akční plán	ks	kusů
pH	potenciál vodíku (vodíkový exponent)	VaK	vodovody a kanalizace
nm	nanometr	viz	rozkazovací způsob slovesa vidět
mg	miligram	DIN	Německý ústav pro průmyslovou normalizaci (německá norma)
O ₃	ozón	PE	polyethylene
OH	hydroxid	PP	polypropylen
AOP	pokročilé oxidační procesy	DN	jmenovitý vnitřní průměr potrubí
H ₂ O ₂	peroxid vodíku	m v. sl.	metrů vodního sloupce
UV	ultrafialové záření	NB	nová budova
aj.	a jiné	SB	stará budova
atd.	a tak dále	cca	přibližně
NN	rozvodna nízkého napětí	Kč	korun českých
VDJ	vodojem	max.	maximálně
MaR	měření a regulace		

SEZNAM PŘÍLOH

1. Příloha č. 1 - Investiční náklady variant A, B, C
2. Výkresová dokumentace:
 - Výkres č. 1- Model filtru typu I M 1:16
 - Výkres č. 2 – Model filtru typu II M 1:16
 - Výkres č. 3 – Situace areálu ÚV s novou budovou M 1:200
 - Výkres č. 4 – Schéma varianty A M 1:200
 - Výkres č. 4. 1 – Schéma tlakového filtru varianty A M 1:40
 - Výkres č. 5 – Schéma varianty B M 1:200
 - Výkres č. 5. 1 – Schéma otevřeného filtru varianty B M 1:40
 - Výkres č. 6 – Schéma varianty C M 1:200
 - Výkres č. 6. 1. 1 – Schéma filtru varianty C (NB) M 1:50
 - Výkres č. 6. 1. 2 – Schéma filtru varianty C (SB) M 1:50

SUMMARY

Master thesis dealt with the problem of removing pesticides from the water treatment plant in Hrdibořice.

The work is divided into two parts. The first part is theoretical, it deals with knowledge of pesticide substances, their division, as well as with ways to get into drinking water sources and possibilities of their elimination from the treated water. Additionally, the thesis lists standards, guidelines and recommendations, which state limits of pesticides in drinking water, and recommendations on how to deal with pesticide ingredients.

The second section aims to verify the theoretical knowledge of the way of removing the pesticides from water flow through the granular activated carbon filter filling. For this reason, model tests I and II were conducted.

In total, three variants of pesticides removal from water, A, B and C, were processed.

Two options (Option A and Option B) were designed as additional filtering water flowing from existing sand filters.

In Option C, I thought about the reconstruction of the existing sand filters for filtration with a drainage system without intermediate floor and exchanging the filter sand for filling granular activated carbon.

At the end, indicative estimate of capital and operating costs was made for each option separately.

According to these costs estimates, best option is option C, a reconstruction of the existing sand filters filters drainage system and the GAU filter media. In this variant, however, we note that the annual operating costs will be up to three times higher than in Option A or Option B, which will be reflected in the return.

Příloha č. 1

Investiční náklady variant A, B, C

IO 01 - Nová budova filtrace, vyrovnávací nádrž

Varianta A

Zděná budova 20x15 m, tl. stěn 450 mm, výška budovy 5,0 m

sedlová střecha (dřev. vazníky + zateplení + plech)

Vyrovnávací nádrž o objemu vody 135 m³, celkový objem 150 m³, rozměry

8,0x5,6 m, výška vody v nádrži 3,0 m

	počet	jednotka
Obvod budovy	74	m
Zastavěná plocha	333	m ²
Předpokládaná výška budovy	5	m
Zastavěný objem budovy	1665	m ³
Objem vyrovnávací nádrže	150	m ³

zemní práce

skrývka ornice tl. 0.3 m	100	m ³
základové pasy (Obvod budovy * 0,6 * 1.3)	58	m ³

	m ³ /m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Zemní práce	158	750	118 215
Stavební objekt budovy filtrace (výška 5,0 m)	1665	5 000	8 325 000
Vyrovnávací nádrž železobetonová	150	7 000	1 050 000
Obnova povrchu dotčeného stavbou	148	300	44 400
Celkem			9 537 615

IO 02 - Trubní rozvody mimo budovu

Varianta A

Přívod pitné vody DN 400	95.0	m
Odtok pitné vody DN 300	94.0	m
Přívod prací vody DN 400	55.0	m
Odtok prací vody DN 400	15.0	m

<i>Zemní práce:</i>	$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{m}/\text{ks}$	Kč/jednotka	celkem Kč
Sejmutí ornice (šířka 2,0 m)	57	45	2 565
Sejmutí ornice (šířka 1,5 m)	11		473
Výkopy pro liniové stavby (hloubka 2,0 m)	190	405	76 950
Výkopy pro liniové stavby (hloubka 1,5 m)	126		51 030
Příložné pažení do hloubky 2,0 m	190	106	20 140
Příložné pažení do hloubky 2,0 m	140		14 840
Lože pro potrubí z písku tl. 0,1 m (šířky 2,0 m)	19	742	14 098
Lože pro potrubí z písku tl. 0,1 m (šířky 1,5 m)	11		7 791
Obsyp potrubí (šířka 2 m)	114	430	48 936
Obsyp potrubí (šířka 1,5 m)	73	430	31 551
Zásypy jam, šachet a rýh (šířka 2,0 m)	209	77	16 093
Zásypy jam, šachet a rýh (šířka 1,5 m)	116	77	8 894

	$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{m}/\text{ks}$	Kč/jednotka	celkem Kč
Společná rýha pro 2 potrubí jednotné šířky 2,00 m a hloubky 1,80 m, svislé stěny s přílohným pažením, pískové lože, obsyp potrubí štěrkopískem, zásyp prohozenou zeminou	95	1 882	178 782
Výkop rýhy jednotné šířky 1,50 m a hloubky 1,80 m, svislé stěny s přílohným pažením, pískové lože, obsyp potrubí štěrkopískem, zásyp prohozenou zeminou	70	1 637	114 578
PE potrubí \varnothing 400x23,70 mm PE 100 RC, SDR 17	150.0	2 352	352 800
PE potrubí \varnothing 310x21,10 mm PE 100 RC, SDR 17	94.0	1 860	174 840
Montáž PE potrubí a tvarovek (DN 400)	150.0	470	70 560
Montáž PE potrubí a tvarovek (DN 300)	94.0	372	34 968
Hrdlové PVC potrubí kanalizační DN 400 SN 8	15.0	623	9 345
Montáž PVC potrubí a tvarovek	15.0	125	1 869
Dodávka a montáž tvarovek pro napojení nových řadů na stávající vodovodní řad včetně uzavíracích armatur	3	50 000	150 000
Dodávka a montáž vodárenských doplňků	1	75 000	75 000
Dodávka a montáž signalizačního vodiče	165.0	25	4 125
Dodávka a montáž ochranné folie	165.0	20	3 300
Zemní práce ostatní (úprava terénu)	1	25 000	25 000
Celkem			1 195 167

IO 03 - Kabelová přípojka**Varianta A**

Podzemní část přípojky NN 70 m

Kabel pro MaR 70 m

<i>Zemní práce:</i>	m³/m²/m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Sejmutí ornice (šířka 0,75 m)	16	45	709
Výkopy pro liniové stavby (hloubka 1,0 m)	53	405	21 263
Příložné pažení do hloubky 2,0 m	140	106	14 840
Lože pro potrubí z písku tl. 0,1 m (šířky 0,75 m)	5	742	3 896
Zásypy jam, šachet a rýh (šířka 0,75 m)	47	77	3 638

	m³/m²/m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Výkop rýhy jednotné šířky 0,75 m a hloubky 1,00 m, svislé stěny s příložným pažením, pískové lože, obsyp kabelu šterkopískem, zásyp prohozenou zeminou	70	634	44 345
Křížení obslužné komunikace - PE chránička	6.3	15 000	94 500
Dodávka a pokládka kabelu NN	70	250	17 500
Dodávka a pokládka kabelu MaR	70	300	21 000
Dodávka a pokládka ochranné folie	70	15	1 050
Dodávka a montáž ostatního materiálu	1	75 000	75 000
Zemní práce ostatní	1	50 000	50 000
Obnova původního povrchu	70	150	10 500
			313 895

PS 01 - Vnitřní trubní rozvody**Varianta A**

Sání čerpadel DN 300	25	m
Společný výtlak prací vodz DN 300	20	m
Společný odběr filtrované vody DN 300	17	m
Společný odpad a bezp. přeliv nádrže DN 400	17	m
Prací voda DN 150	24	m
Odběr filtrované vody DN 150 z jednotlivých filtrů	27	m
Odpad a bezp. přeliv DN 150 z jednotlivých filtrů	30	m

	m³/m²/m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Nerezové potrubí ø 406x3 mm, 1.4301	20	2 800	56 000
Nerezové potrubí ø 306x3 mm, 1.4301	62	2 250	138 375
Nerezové potrubí ø 154x2 mm, 1.4301	81	760	61 560
Montáž potrubí, tvarovek a armatur	sada	160 000	160 000
Ostatní ocel. doplňky	1	100 000	100 000
			515 935

Diplomová práce

PS 02 - Čerpání filtrované vody

Varianta A

Tlaková filtrace - výkon Qč. = 30,0 - 90,0 l/s, Hdop. = 25,0

m v.sl.

P2 - 22 kW, 480 -3540 ot/min, 73%-87%, provoz (1+1)

Prací čerpadla - Qč. = 10,0 - 55,0 l/s, provoz (1+1)

Provoz s plynulou regulací čerpaného množství u každého čerpadla.

Tlakové filtry o průměru 3,0 m a výšce 3,50 m - nerez ocel -

8 ks

Trubní vedení z nerez oceli.

	m ³ /m ² /m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Dodávka a montáž odstředivých čerpadel 1+1	2	150 000	300 000
D+M prací čerpadla (1+1)	2	100 000	200 000
Nezbytná trubní propojení a tvarovky, armatury a zpětné klapky	48	25 000	1 200 000
Rozvody silnoprůdu včetně rozvaděče RM - dodávka a montáž, revize	1	750 000	750 000
D+M zařízení MaR (průtokoměr, tlaková čidla, manometry atd.)	sada	250 000	250 000
Rozvody MaR včetně rozvaděče DT, vybavení PC pracoviště, hardware, software	sada	350 000	350 000
Individuální odzkoušení technologického zařízení, komplexní zkoušky + revize el. zařízení	1	50 000	50 000
Zámečnické konstrukce - konzoly, ocel. podpěry, montážní sedla pro potrubí, kotevní třmeny, atd.	1	100 000	100 000
			3 200 000

PS 03 - Tlaková filtrace s náplní aktivního uhlí

Varianta A

Tlakové filtry o průměru 3,0 m a výšce 3,50 m z nerez oceli - 8 ks

Plocha 1 filtru 7,1 m², výška filtrační GAU náplně 1,30 m, objem GAU celkem 73, 52 m³

Carbon AQ-38	120	kč/kg
AquaSorb 2000	120	kč/kg

1kg = 2 litry

73, 52 m³ = 73 520 l = 36 760 kg

	kg, ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Tlakové filtry o průměru 3,0 m a výšce 3,50 m s GAU filtrační náplní nerez ocel 1.4301 - 8 ks	8	1 600 000	12 800 000
Objem granulovaného aktivního uhlí	36 760	120	4 411 200
			17 211 200

Provozní náklady filtrace na odstranění pesticidů z vody

Varianta A

Náklady na praní GAU filtrační náplně

Prací voda				
Množství	Četnost	Spotřeba	Jednotková cena	Cena praní celkem
m ³ /filtr	n/rok	m ³ /rok	Kč/m ³	Kč/rok
53	96	5 088	15	76 320

Elektrická energie			
Jednotková spotřeba	Počet regenerací	Jednotková cena	Cena el. energie celkem
kWh/filtr	n/rok	Kč/kWh	Kč/rok
16.00	96	6	9 216

Náklady na recyklaci granulovaného uhlí

Náklady na recyklaci GAU filtrační náplně			
GAU - nákup A	Doba mezi recyklací	Cena za recyklaci	Jednotková cena
Kč	měsíc	Kč	Kč/rok
4 411 200	84	2 940 800	420 114

Celkové roční provozní náklady

Cena praní celkem	Cena el. energie celkem	Náklady na recyklaci GAU náplně	Náklady celkem
Kč/rok			
76 320	9 216	420 114	505 650

Celkové zhodnocení

IO 01	9 537 615	Kč
IO 02	1 195 167	Kč
IO 03	313 895	Kč
PS 01	515 935	Kč
PS 02	3 200 000	Kč
PS 03	17 211 200	Kč
Provoz	505 650	Kč

Celkem	32 479 462	Kč
---------------	-------------------	-----------

IO 01 - Nová budova filtrace, vyrovnávací nádrž

Varianta B

Zděná budova 20x15 m, tl. Stěn 450 mm, výška budovy 7,0 m + šikmá střecha (dřev. vazníky + plech)

Vyrovnávací nádrž o objemu vody 166 m³, celkový objem 182 m³, rozměry 8,5x6,5 m, výška vody 3,0 m

	počet	jednotka
Obvod budovy	74	m
Zastavěná plocha	333	m ²
Předpokládaná výška budovy	7	m
Zastavěný objem budovy	2165	m ³
Objem vyrovnávací nádrže	182	m ³

zemní práce

skrývka ornice tl. 0.3 m	100	m ³
základové pasy (Obvod · 0,6 · 1.3)	58	m ³

	m ³ /m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Zemní práce	158	750	118 215
Stavební objekt budovy filtrace (výška 5,0 m)	2165	5 000	10 822 500
Vyrovnávací nádrž železobetonová	182	7 000	1 274 000
Obnova povrchu dotčeného stavbou	148	300	44 400
Celkem			12 259 115

IO 02 - Trubní rozvody mimo budovu

Varianta B

Prívod pitné vody DN 400	95.0	m
Odtok pitné vody DN 300	94.0	m
Prívod prací vody DN 400	55.0	m
Odtok prací vody DN 400	15.0	m

Zemní práce:	m ³ /m ² /m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Sejmutí ornice (šířka 2,0 m)	57	45	2 565
Sejmutí ornice (šířka 1,5 m)	11		473
Výkopy pro liniové stavby (hloubka 2,0 m)	190	405	76 950
Výkopy pro liniové stavby (hloubka 1,5 m)	126		51 030
Příložné pažení do hloubky 2,0 m	190	106	20 140
Příložné pažení do hloubky 2,0 m	140		14 840
Lože pro potrubí z písku tl. 0,1 m (šířky 2,0 m)	19	742	14 098
Lože pro potrubí z písku tl. 0,1 m (šířky 1,5 m)	11		7 791
Obsyp potrubí (šířka 2 m)	114	430	48 936
Obsyp potrubí (šířka 1,5 m)	73	430	31 551
Zásypy jam, šachet a rýh (šířka 2,0 m)	209	77	16 093
Zásypy jam, šachet a rýh (šířka 1,5 m)	116	77	8 894

	m ³ /m ² /m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Společná rýha pro 2 potrubí jednotné šířky 2,00 m a hloubky 1,80 m, svislé stěny s přílohným pažením, pískové lože, obsyp potrubí štěrko-pískem, zásyp prohozenou zeminou	95	1 882	178 782
Výkop rýhy jednotné šířky 1,50 m a hloubky 1,80 m, svislé stěny s přílohným pažením, pískové lože, obsyp potrubí štěrko-pískem, zásyp prohozenou zeminou	70	1 637	114 578
PE potrubí ø 400x23,70 mm PE 100 RC, SDR 17	150.0	2 352	352 800
PE potrubí ø 310x21,10 mm PE 100 RC, SDR 17	94.0	1 860	174 840
Montáž PE potrubí a tvarovek (DN 400)	150.0	470	70 560
Montáž PE potrubí a tvarovek (DN 300)	94.0	372	34 968
Hrdlové PVC potrubí kanalizační DN 400 SN 8	15.0	623	9 345
Montáž PVC potrubí a tvarovek	15.0	125	1 869
Dodávka a montáž tvarovek pro napojení nových řadů na stávající vodovodní řad včetně uzavíracích armatur	3	50 000	150 000
Dodávka a montáž vodárenských doplňků	1	75 000	75 000
Dodávka a montáž signalizačního vodiče	165.0	25	4 125
Dodávka a montáž ochranné folie	165.0	20	3 300
Zemní práce ostatní (úprava terénu)	1	25 000	25 000
Celkem			1 195 167

IO 03 - Kabelová přípojka

Varianta B

Podzemní část přípojky NN 70 m

Kabel pro MaR 70 m

<i>Zemní práce:</i>	m³/m²/m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Sejmutí ornice (šířka 0,75 m)	16	45	709
Výkopy pro liniové stavby (hloubka 1,0 m)	53	405	21 263
Příložné pažení do hloubky 2,0 m	140	106	14 840
Lože pro potrubí z písku tl. 0,1 m (šířky 0,75 m)	5	742	3 896
Zásypy jam, šachet a rýh (šířka 0,75 m)	47	77	3 638

	m³/m²/m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Výkop rýhy jednotné šířky 0,75 m a hloubky 1,00 m, svislé stěny s příložným pažením, pískové lože, obsyp kabelu šterkopískem, zásyp prohozenou zeminou	70	634	44 345
Křížení obslužné komunikace - PE chránička	6.3	15 000	94 500
Dodávka a pokládka kabelu NN	70	250	17 500
Dodávka a pokládka kabelu MaR	70	300	21 000
Dodávka a pokládka ochranné folie	70	15	1 050
Dodávka a montáž ostatního materiálu	1	75 000	75 000
Zemní práce ostatní	1	50 000	50 000
Obnova původního povrchu	70	150	10 500
			313 895

PS 01 - Vnitřní trubní rozvody

Varianta B

Společný odpad a bezp. přeliv DN 400	20	m
Odpad a bezp. přeliv DN 350 z jednotlivých filtrů	10	m
Výtlač na RN DN 300	17	m
Prací voda DN 300	28	m
Společný odběr filtrované vody DN 300	19	m
Prací voda DN 300	8	m
Přítok na jednotlivé filtry DN 200	65	m
Odběr filtrované vody DN 150 z jednotlivých filtrů	9	m

	m ³ /m ² /m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Nerezové potrubí ø 406x3 mm 1.4301	20	2 800	54 600
Nerezové potrubí ø 355x3 mm 1.4302	10	2 680	26 800
Nerezové potrubí ø 306x3 mm 1.4301	72	2 250	160 875
Nerezové potrubí ø 206x3 mm 1.4301	65	1 280	83 200
Nerezové potrubí ø 154x2 mm 1.4301	9	760	6 650
Nezbytná trubní propojení a tvarovky, armatury a zpětné klapky	30	25 000	750 000
Montáž potrubí, tvarovek a armatur	sada	160 000	160 000
Dodávka a montáž vodárenských doplňků	1	100 000	100 000
			1 342 125

PS 02 - Čerpání filtrované vody

Varianta B

Tlaková filtrace - výkon Qč. = 30,0 - 90,0 l/s, Hdop. = 15,0 m v.sl.,

P2 - 11 kW, 480 -3540 ot/min, 65%-80%, provoz (1+1)

Prací čerpadla - Qč. = 17,0 - 90,0 l/s, provoz (1+1)

Provoz s plynulou regulací čerpaného množství u každého čerpadla.

Otevřené filtry o půdorysných rozměrech a = 3,0 m, b = 4,0 m, výška vody 1,0 m a celková výška filtrů 3,80 m - 5 ks

Trubní vedení z nerez oceli.

	m ³ /m ² /m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Dodávka a montáž odstředivých čerpadel 1+1	2	150 000	300 000
D+M prací čerpadla (1+1)	2	100 000	200 000
Rozvody silnoproudu včetně rozvaděče RM - dodávka a montáž, revize	1	750 000	750 000
D+M zařízení MaR (průtokoměr, tlaková čidla, manometry atd.)	sada	250 000	250 000
Rozvody MaR včetně rozvaděče DT, vybavení PC pracoviště, hardware, software	sada	375 000	375 000
Individuální odzkoušení technologického zařízení, komplexní zkoušky + revize el. zařízení	1	50 000	50 000
Zámečnické konstrukce - konzoly, ocel. podpěry, montážní sedla pro potrubí, kotevní třmeny, atd.	1	100 000	100 000
			2 025 000

PS 03 - Otevřené filtry s náplní aktivního uhlí

Varianta B

Rozdělovací šachta

Otevřené filtry o půdorysných rozměrech $a = 3,0 \text{ m}$, $b = 4,0 \text{ m}$,

výška filtrační náplně $1,20 \text{ m}$ - 5 ks

Filtry vybaveny drenážním systémem Triton

Plocha 1 filtru $12,00 \text{ m}^2$, výška filtrační GAU náplně $1,2 \text{ m}$, celková výška filtru $3,80 \text{ m}$,

Objem GAU filtrační náplně ve všech filtrech je $72,00 \text{ m}^3$

Carbon AQ-38	120	kč/kg
AquaSorb 2000	120	kč/kg

$1 \text{ kg} = 2 \text{ litry}$

$72,00 \text{ m}^3 = 72\,000 \text{ l} = 36\,000 \text{ kg}$

Varianta A.2	$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{m}/\text{ks}$	Kč/jednotka	celkem Kč
Rozdělovací šachta s přelivem	1	350 000	350 000
Otevřené filtry $4,0 \times 3,0 \text{ m}$ (železobeton)	150	10 000	1 500 000
Drenážní systém bez meziden - D+M	5	950 000	4 750 000
GAU filtrační náplň	36 000	120	4 320 000
Individuální odzkoušení, oživení + revize elektro zařízení	1	50 000	50 000
			10 970 000

Provozní náklady filtrace na odstranění pesticidů z vody

Varianta B

Náklady na praní GAU filtrační náplně

Prací voda				
Množství	Četnost	Spotřeba	Jednotková cena	Cena praní celkem
m ³ /filtr	n/rok	m ³ /rok	Kč/m ³	Kč/rok
90	96	8 640	15	129 600

Elektrická energie			
Jednotková spotřeba	Počet regenerací	Jednotková cena	Cena el. energie celkem
kWh/filtr	n/rok	Kč/kWh	Kč/rok
16.00	96	6	9 216

Náklady na recyklaci granulovaného uhlí

Náklady na recyklaci GAU filtrační náplně			
GAU - nákup A	Doba mezi recyklací	Cena za recyklaci	Jednotková cena
Kč	měsíc	Kč	Kč/rok
4 320 000	84	2 880 000	411 429

Celkové roční provozní náklady

Cena praní celkem	Cena el. energie celkem	Náklady na recyklaci GAU náplně	Náklady celkem
Kč/rok			
129 600	9 216	411 429	550 245

Celkové zhodnocení

IO 01	12 259 115	Kč
IO 02	1 195 167	Kč
IO 03	313 895	Kč
PS 01	1 342 125	Kč
PS 02	2 025 000	Kč
PS 03	10 970 000	Kč
Provoz	550 245	Kč

Celkem	28 655 546	Kč
---------------	-------------------	-----------

IO 01 - Rekonstrukce filtrů na ÚV

Varianta C

Nová budova filtrace - rekonstrukce pískových filtrů šířky 3,10 m, délky 4,60 m, výška filtrační náplně 1,40 m, celková výška 3,00 m - 4 ks

Stará budova filtrace - rekonstrukce pískových filtrů šířky 3,00 m, délky 4,50 m, výška filtrační náplně 1,40 m, celková výška 3,00 m - 3 ks

Oprava zahrnuje:

- demontáž stávajících trubních rozvodů
- odstranění meziden, centralního žlabu a odvrtání nových trubních prostupů
- stavební úpravy dna filtrů, vyspravení stěn filtrů
- osazení nového středového žlabu s přelivnou hranou a deflektorem
- stavební úpravy v armaturní komoře filtrů
- osazení manipulačních plošin a nezbytných zámečnických výrobků

Objem písku ve stávajících filtrech:

NB - $(3,10 \cdot 4,60 \cdot 1,20) \cdot 4 =$	68.4	m ³
SB - $(3,00 \cdot 4,50 \cdot 1,10) \cdot 3 =$	47.1	m ³

Plochy dotčené rekonstrukcí:

NB - $(3,50 \cdot 4,60 \cdot 4 - 3,50 \cdot 4,60) \cdot 4 =$	193	m ²
SB - $(3,50 \cdot 4,50 \cdot 4 - 3,50 \cdot 4,50) \cdot 3 =$	189	m ²

	m ³ /m ² /t	Kč/jednotka	celkem Kč
Odstranění starého písku	764	525	401 310
Demontáž trubních rozvodů v armaturní chodbě filtrů	sada	450 000	450 000
Odvoz sutí a vybouraných hmot na skládku do 1 km	21	287	6 027
Otryskání stěn, očištění stěn tlakovou vodou	382	520	198 744
Vyspravení povrchu stěn a dna filtrů	382	210	80 262
Izolační nátěry stěn a dna	382	1 300	496 860
Ostatní stavební práce	sada	280 000	280 000
Manipulační plošiny, žebříky, podpěrné konzoly	sada	1 500 000	1 500 000
Zámečnické výrobky ostatní	sada	120 000	120 000
Celkem			3 533 203

PS 01 - Vnitřní trubní rozvody

Varianta C

Společný přívod vody na filtry DN 300 (SB i NB)	40	m
Společný přítok prací vody DN 300 (NB i SB)	45	m
Společný přívod pracího vzduchu DN 150 (NB i SB)	45	m
Společný odpad DN 400 (NB i SB)	62	m
Společný odběr filtrované vody DN 300 (NB i SB)	47	m
Přívod na filtry DN 250 (NB)	10	m
Přívod na filtry vody DN 200 (SB)	6	m
Prací voda DN 250	14	m
Prací voda DN 200	10	m
Odběr filtrované vody DN 250 (NB)	8	m
Odběr filtrované vody DN 125 (SB)	6	m
Odpad a bezp. přeliv DN 250	21	m
Přívod pracího vzduchu DN 150	14	m

	m ³ /m ² /m/ks	Kč/jednotka	celkem Kč
Nerezové potrubí ø 406x3 mm 1.4301	62	2 800	173 600
Nerezové potrubí ø 306x3 mm 1.4301	132	2 250	297 450
Nerezové potrubí ø 256x3 mm 1.4301	53	1 780	94 340
Nerezové potrubí ø 206x3 mm 1.4301	16	1 030	16 480
Nerezové potrubí ø 154x2 mm 1.4301	59	760	44 840
Nerezové potrubí ø 129x2 mm 1.4301	6	610	3 660
Dodávka uzavíracích armatur s elektropohonem	56	62 500	3 500 000
Montáž potrubí, tvarovek a armatur	sada	700 000	700 000
			4 656 770

PS 02 - Regenerace filtrů s GAU náplní

Varianta C

prací čerpadla $Q_{\check{c}} = 50,0 - 60,0 \text{ l/s}$, $H_{dop.} = 15,0 \text{ m v.sl.}$

P2 - 20 kW, 2900 ot/min, 65% provoz (1+1)

prací dmyhadla - $Q_{\check{c}} = 40,0 - 50,0 \text{ m}^3/\text{min.}$, tlak - 120 kPa, provoz (1+1)

P2 - 12 kW, 2900 ot/min, 65% provoz (1+1)

Trubní vedení z nerez oceli.

	$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{m/ks}$	Kč/jednotka	celkem Kč
Prací čerpadla	2	350 000	700 000
Montáž pracích čerpadel	2	50 000	100 000
Prací dmyhadla	2	200 000	400 000
Montáž pracích dmyhadel	2	35 000	70 000
Nezbytná trubní propojení a tvarovky, armatury a zpětné klapky	sada	450 000	450 000
Individuální odzkoušení technologického zařízení, komplexní zkoušky + revize el. zařízení	1	50 000	50 000
Zámečnické konstrukce - konzoly, ocel. podpěry, montážní sedla pro potrubí, kotevní třmeny, atd.	1	75 000	75 000
			1 845 000

PS 03 - Otevřené filtry s náplní aktivního uhlí

Varianta C

Nová budova filtrace - filtry 3,10 m x 4,60 m, h filtrační náplně 1,40 m, celková výška 3,00 m - 4 ks

Stará budova filtrace - filtry 3,00 m x 4,50 m, h filtrační náplně 1,40 m, celková výška 3,00 m - 3 ks

Filtry jsou vybaveny drenážním systémem bez mezidna

Plocha 1 filtru (NB) 14,26 m², h filtrační GAU náplně 1,4 m, celkový objem uhlí 79,84 m³

Plocha 1 filtru (SB) 13,50 m², h filtrační GAU náplně 1,4 m, celkový objem uhlí 56,70 m³

Celkem objem uhlí pro obě budovy je 136,54 m³.

Filtrisorb TL830	120	kč/kg
------------------	-----	-------

1kg = 2 litry

136,54 m³ = 136 540 l = 68 270 kg

	kg/ks/m ³	Kč/jednotka	celkem Kč
Drenážní systém bez meziden - D+M	7	950 000	6 650 000
GAU filtrační náplň	68 270	120	8 192 400
Rozvody silnoprůdu včetně rozvaděče RM - dodávka a montáž, revize	1	1 200 000	1 200 000
D+M zařízení MaR (průtokoměr, tlaková čidla, manometry atd.)	sada	450 000	450 000
Rozvody MaR včetně rozvaděče DT, vybavení PC pracoviště, hardware, software	sada	350 000	350 000
Individuální odzkoušení technologického zařízení, komplexní zkoušky + revize el. zařízení	1	75 000	75 000
			16 917 400

Provozní náklady filtrace na odstranění pesticidů z vody

Varianta C

Náklady na praní GAU filtrační náplně

Prací voda				
Množství	Četnost	Spotřeba	Jednotková cena	Cena praní celkem
max m ³ /filtr	n/rok	m ³ /rok	Kč/m ³	Kč/rok
167	73	12 191	15	182 865

Elektrická energie			
Jednotková spotřeba	Počet regenerací	Jednotková cena	Cena el. energie celkem
kWh/filtr	n/rok	Kč/kWh	Kč/rok
20.00	73	6	8 760

Náklady na recyklaci granulovaného uhlí

Náklady na recyklaci GAU filtrační náplně			
GAU - nákup C	Doba mezi recyklací	Cena za recyklaci	Jednotková cena
Kč	měsíc	Kč	Kč/rok
8 192 400	48	5 461 600	1 365 400

Celkové roční provozní náklady

Cena praní vodou celkem	Cena el. energie celkem	Náklady na recyklaci GAU náplně	Náklady celkem
Kč/rok			
182 865	8 760	1 365 400	1 557 025

Celkové zhodnocení

IO 01	3 533 203	Kč
PS 01	4 656 770	Kč
PS 02	1 845 000	Kč
PS 03	16 917 400	Kč
Provoz	1 557 025	Kč

Celkem	28 509 398	Kč
---------------	-------------------	-----------